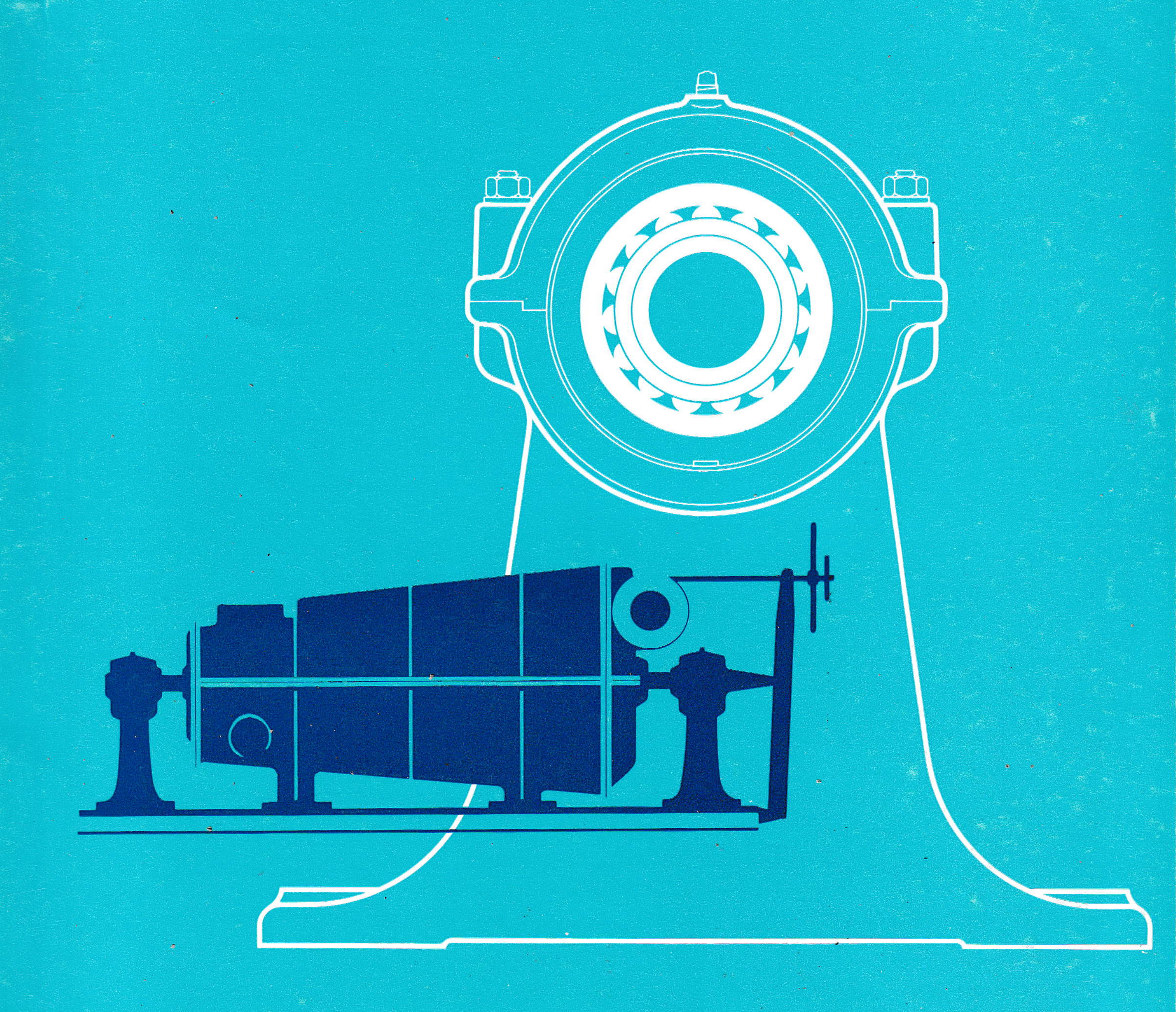


La Revista de cojinetes a bolas

2
1961

La Revista de cojinetes a bolas

Boletín técnico sobre montajes de rodamientos de bolas y de rodillos

2 1961

Nuestra portada: Refinadora Jordan provista de dos rodamientos de rodillos a rótula 22332 K. Potencia requerida: 300 HP. Velocidad 300 r.p.m.

COMPAÑIA SUDAMERICANA SKF, S. A.

MONTEVIDEO / Cerro Largo 1089 / Casilla de Correo 134

SKF

Rodamientos en máquinas modernas alemanas para la preparación de pasta de papel

Reg. 861

La industria extensa de papel comprende los siguientes procedimientos de fabricación:

Producción de la materia prima, es decir: celulosa, pasta, semiproductos de paja y trapos etc.

Preparación de la pasta

Fabricación del papel

Tratamiento del papel

En este artículo se describen brevemente unas cuantas máquinas típicas para el procedimiento que comprende la preparación de la pasta de papel subrayando las disposiciones de rodamientos en las máquinas. Respecto a su funcionamiento las máquinas se dividen en los siguientes grupos principales:

1 Desintegradores
2 Clasificadoras y coladores
3 Escurridoras
4 Abridoras y refinadoras
5 Desfibradoras
6 Batidores, máquinas de transporte y dosificación

Las materias primas de composición diferente para la fabricación de pasta de papel, generalmente suministradas en estado seco, según su carácter y la calidad deseada del producto terminado de papel o cartón, se preparan de diferentes modos. De estos factores depende también la selección de máquinas preparadoras adecuadas y su situación consecutiva en el curso de producción. Las posibilidades de combinar las diferentes máquinas son casi ilimitadas. Un ejemplo de una combinación adecuada de máquinas se desprende del diagrama de la *fig. 1* que representa las varias máquinas que se emplean al preparar 40 toneladas de papel de desecho por día, destinado a la fabricación de papel de envolver y para sobres, y también para manguitos de bobinas en husillos textiles.

En instalaciones modernas la preparación de pasta de papel es enteramente automática (mando a larga distancia) o semiautomática.

1 Desintegradores

La función de un desintegrador es desagregar y disolver la materia prima, por ej. papel de desecho o semicelulosa seca, para facilitar su bombeo a la máquina siguiente para otro trata-

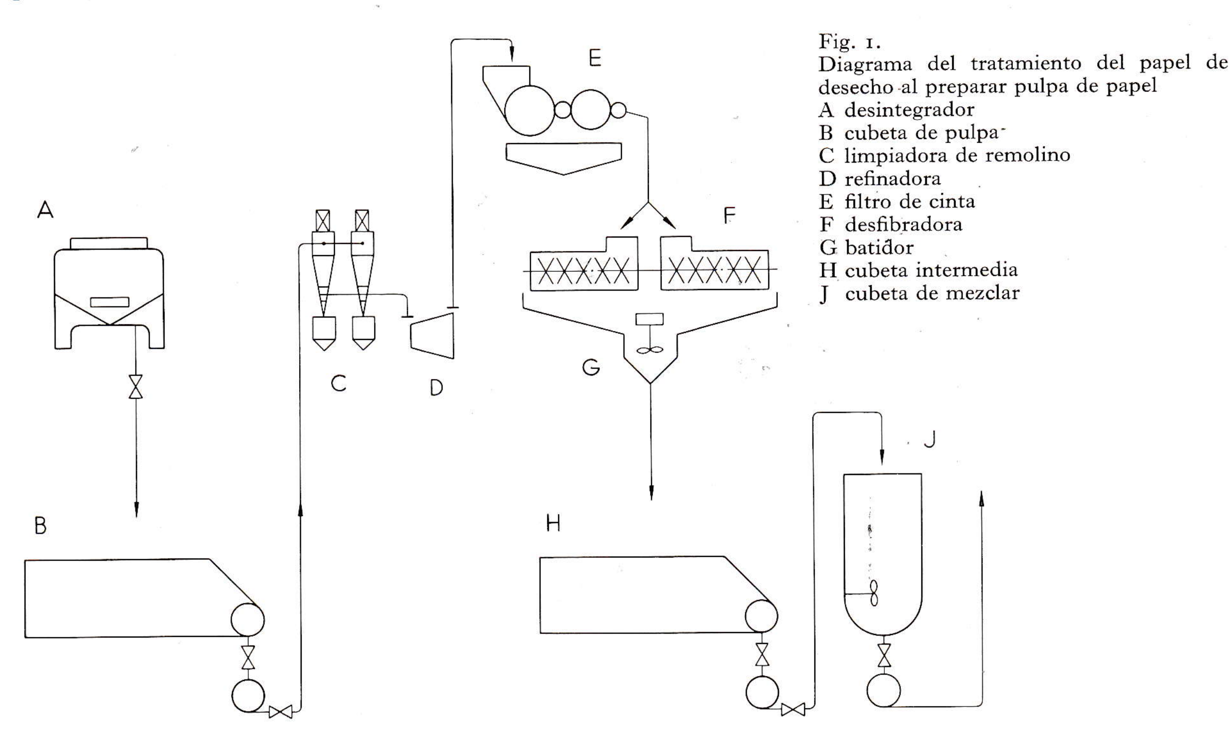


Fig. 1.
Diagrama del tratamiento del papel de desecho al preparar pulpa de papel
A desintegrador
B cubeta de pulpa
C limpiadora de remolino
D refinadora
E filtro de cinta
F desfibradora
G batidor
H cubeta intermedia
J cubeta de mezclar

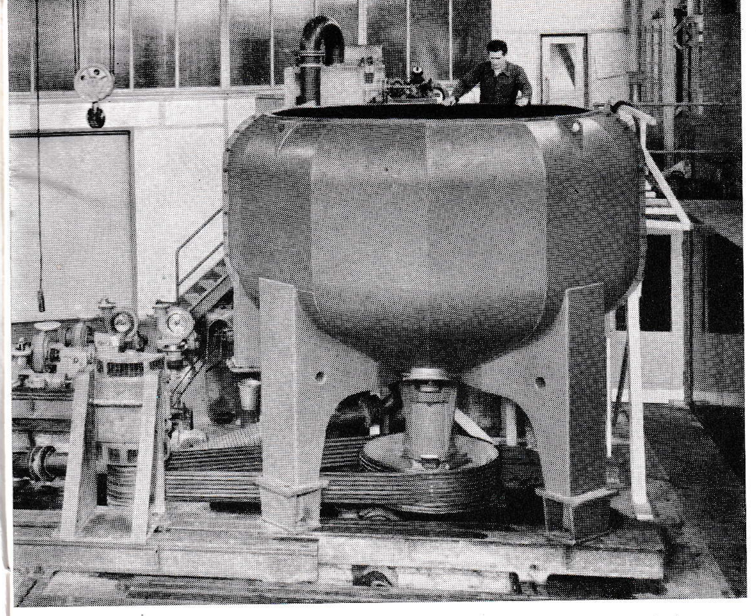


Fig. 2. Desintegrador vertical de 12 m³ de capacidad

miento. El tipo más conocido de este grupo está representado en la *fig. 2*. Está constituído por un recipiente cilíndrico o poligonal de acero, lleno de agua. La desintegración se efectúa haciendo agitar fuertemente el líquido por un disco provisto de cuchillas cortas colocado en el fondo. La solución de pulpa es frenada por nervios fijados en el fondo del recipiente.

Los desintegradores se fabrican de 4 a 50 m³ de volumen y la potencia necesaria es de 50 a 230 kW.

La alimentación de los fardos de pulpa o papel se hace en general periódicamente, vertiendo los fardos abiertos en el recipiente lleno de agua. La fuerte aspiración del disco giratorio tira los fardos tan rápidamente hacia abajo que durante los primeros minutos después del llenado debe contarse con una gran carga de choque sobre los rodamientos.

La *fig. 3* representa la disposición de rodamientos en un desintegrador de marcha lenta con recipiente de 26 ó 32 m³ de capacidad. El rodamiento superior es de rodillos cilíndricos NU 2236/C3 y el inferior de rodillos a rótula 23240 CK. Los rodamientos superior e inferior tienen soporte común lo que facilita el empleo de la combinación mencionada de rodamientos, especialmente teniendo en cuenta que el rodamiento de rodillos cilíndricos debe montarse con asiento fijo tanto dentro del soporte como sobre el eje, lo que es importante debido a la dirección de carga indeterminada. Primeramente se monta el aro exterior del rodamiento de rodillos cilíndricos con su juego de rodillos en el soporte y después se cala el conjunto sobre el aro interior ya montado sobre el eje. Después es fácil montar el rodamiento de rodillos a rótula porque se asienta sobre un manguito de fijación. La obturación del soporte debajo del rodamiento de rodillos a rótula ha sido construída con mucho esmero.

Los rodamientos se lubrican con grasa, estando ambos provistos de válvula de grasa — el lubricante expulsado del rodamiento inferior es recogido en una bandeja como se ve en la figura.

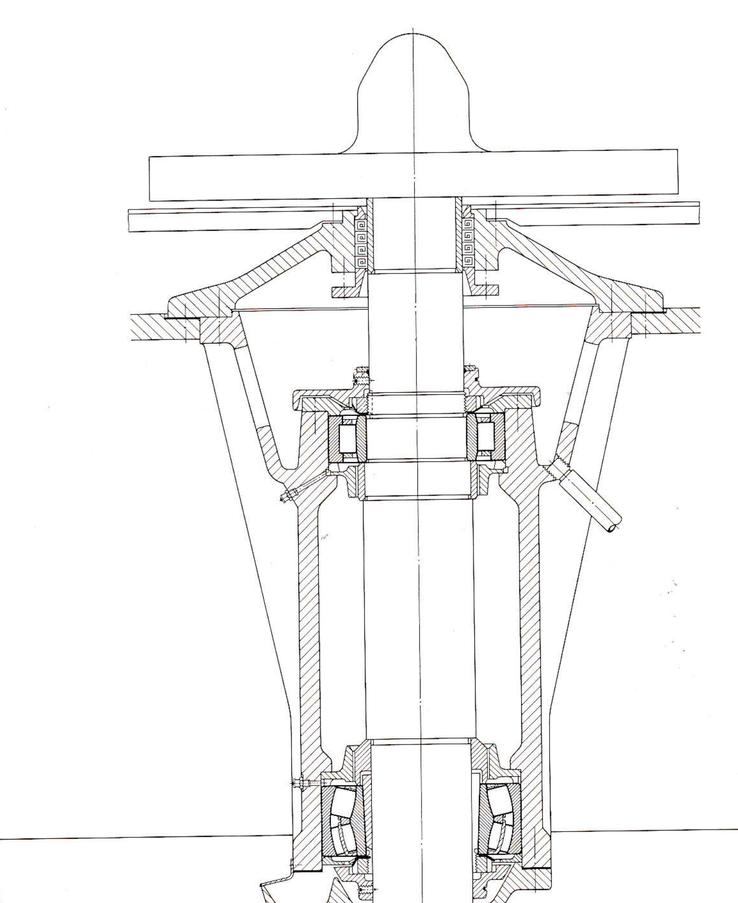


Fig. 3. Disposición de rodamientos del eje de un desintegrador de 26 ó 32 m³ de capacidad
Potencia del motor 195 kW
Velocidad 240 r.p.m.

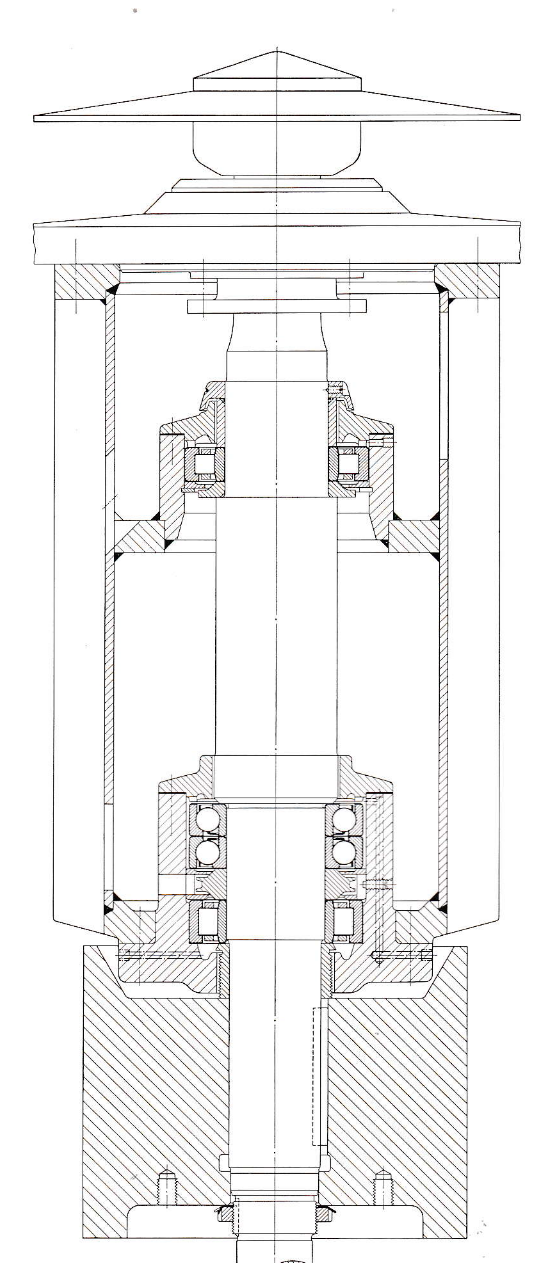


Fig. 4. Disposición de rodamientos del eje de un desintegrador rápido
Volumen 4 m³
Potencia del motor 95 kW
Velocidad 2900 r.p.m.

Fig. 5. Desintegrador horizontal
Potencia del motor 70 kW
Velocidad 320 r.p.m.

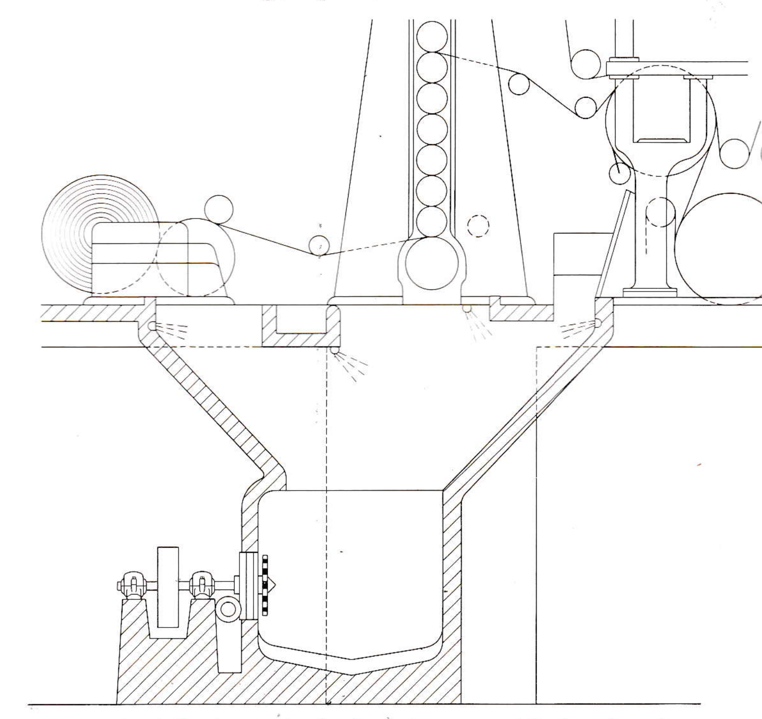


Fig. 6. Desintegrador horizontal para papel de desecho colocado debajo del grupo de acabado de una máquina rápida de papel

Ultimamente se ha construído un tipo de desintegrador de marcha rápida que se emplea principalmente cuando celulosa, pulpa, o papel de desecho deben desintegrarse en una sola operación debiendo el resultado ser una pulpa enteramente desfibrada.

La *fig. 4* representa la disposición de rodamientos de un desintegrador de marcha rápida. Por razones de economía, entretenimiento y obturación se han elegido rodamientos los que a pesar de la velocidad alta pueden lubricarse con grasa. Debido al riesgo de una presión hacia arriba sobre el eje, se emplean dos rodamientos de bolas con contacto angular 7218 BG montados apareados, que hacen de cuello fijo. El rodamiento libre de la disposición superior es un NU 219 MA/C3 de rodillos cilíndricos. El eje se monta sin dificultad desde abajo porque el rodamiento inferior radial

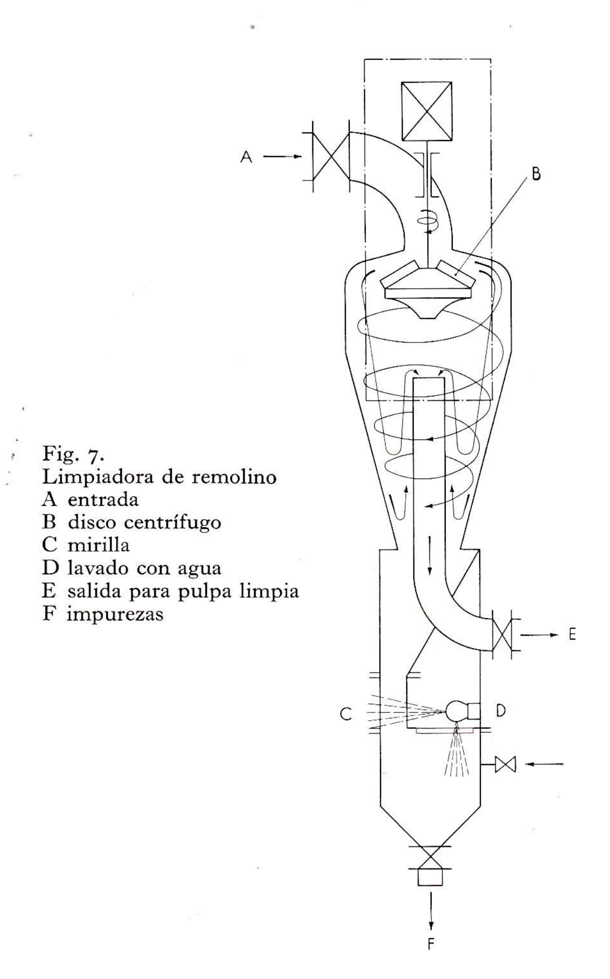


Fig. 7.
Limpiadora de remolino
A entrada
B disco centrífugo
C mirilla
D lavado con agua
E salida para pulpa limpia
F impurezas

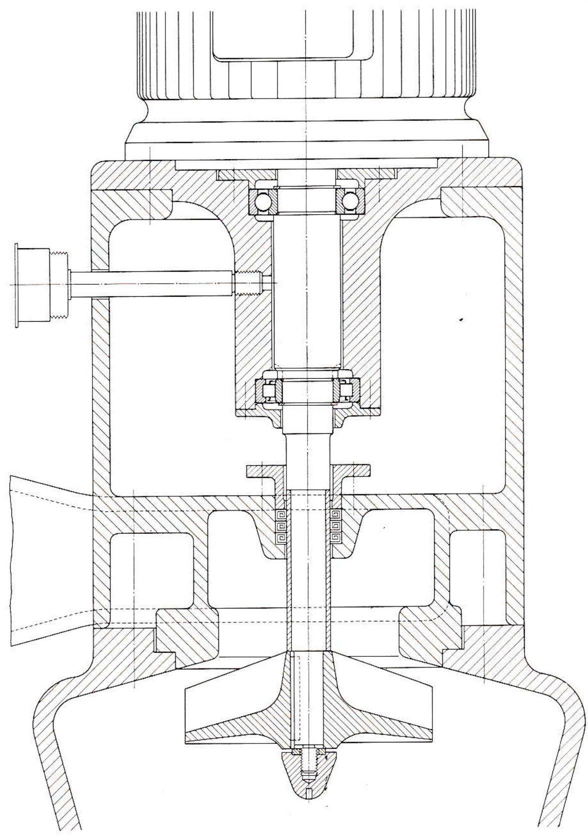


Fig. 8. Disposición de rodamientos del eje de limpiadora de remolino (el detalle encuadrado de la fig. 7)
Potencia del motor 2,2 kW
Velocidad 1400 r.p.m.

de rodillos cilíndricos está alojado junto con los rodamientos 7218 BG en un soporte aparte.

Además de los desintegradores con eje vertical existen los con eje horizontal. En la *fig. 5* está representada una máquina semejante destinada a la desintegración de papel desecho. Está provista de dos soportes normales SKF con rodamientos de rodillos a rótula 22228 K montados sobre manguitos de fijación H 3128. Las máquinas de esta clase se montan en el sótano debajo del grupo de acabado de una máquina de papel o cartón, véase la *fig. 6*.

2 Clasificadoras y coladores

Las impurezas de la pulpa y partículas no disueltas de la materia prima se quitan con ayuda de clasificadoras y coladores. A esta categoría pertenecen las limpiadoras de remolino y los coladores de separar astillas. La limpiadora de remolino puede colocarse inmediatamente detrás del desintegrador mientras que las otras máquinas limpiadoras se colocan en el lugar de acabado del tratamiento de la pulpa, es decir inmediatamente delante del cajón de entrada. En estas últimas máquinas se quitan las astillas etc., lo que se consigue con ayuda de coladores generalmente compuestos de chapas con hendeduras o agujeros. Para evitar que el colador se obstruya se hace mover la pulpa continuamente y según la clase de movimiento se destinguen los diferentes tipos de máquinas.

2a *Limpiadoras de remolino*

En estas limpiadoras se separan las partículas ajenas cuyo peso específico es mayor que el de la emulsión. La pulpa alimentada llega a un disco centrifugador, véase la *fig. 7*, que la hace girar con alta velocidad. Las impurezas pesadas quedan precipitadas en el fondo del recipiente mientras que la pulpa limpiada sale de la máquina por un tubo central.

La *fig. 8* representa la disposición de rodamientos del eje de una limpiadora de remolino. El rodamiento de cuello fijo es un rígido de bolas

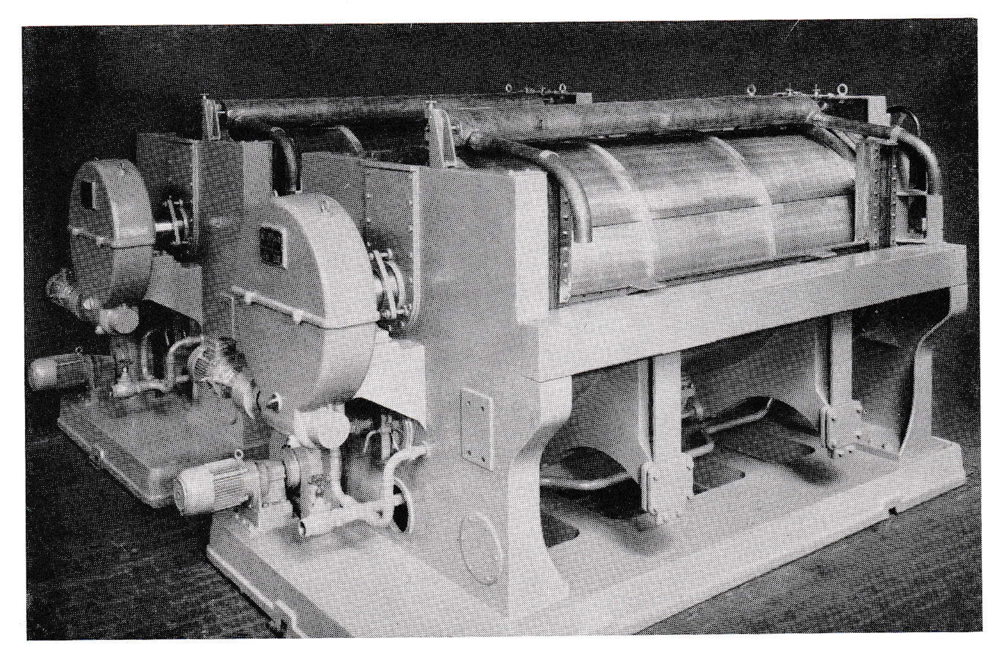


Fig. 9. Colador con cubeta sacudidora
Potencia del motor 4 kW
Velocidad 294 r.p.m.

6208 y el rodamiento libre un NU 207 de rodillos cilíndricos.

2b *Coladores con cubeta sacudidora*

En la cubeta sacudidora gira lentamente un tambor cubierto de chapas con hendeduras finas. Por estas hendeduras se cuela la pulpa alimentada por la parte delantera de la cubeta. La molienda que pasa por las hendeduras de las chapas escurre por el eje hueco del tambor. Astillas y otras impurezas son separadas de la molienda por el tambor. Mediante un tubo esparcidor se quitan las impurezas que se hayan pegado en las hendeduras y se conducen a una boca de salida.

La sacudida de la cubeta se efectúa generalmente mediante un eje excéntrico. La *fig. 10* representa la disposición de los rodamientos de un eje semejante provisto de los siguientes rodamientos de rodillos a rótula contados de izquierda a derecha: 22316 K, 22224 K, 22313 K y 22313 K, todos montados sobre manguito de fijación. La tolerancia del soporte es: para el rodamiento de la

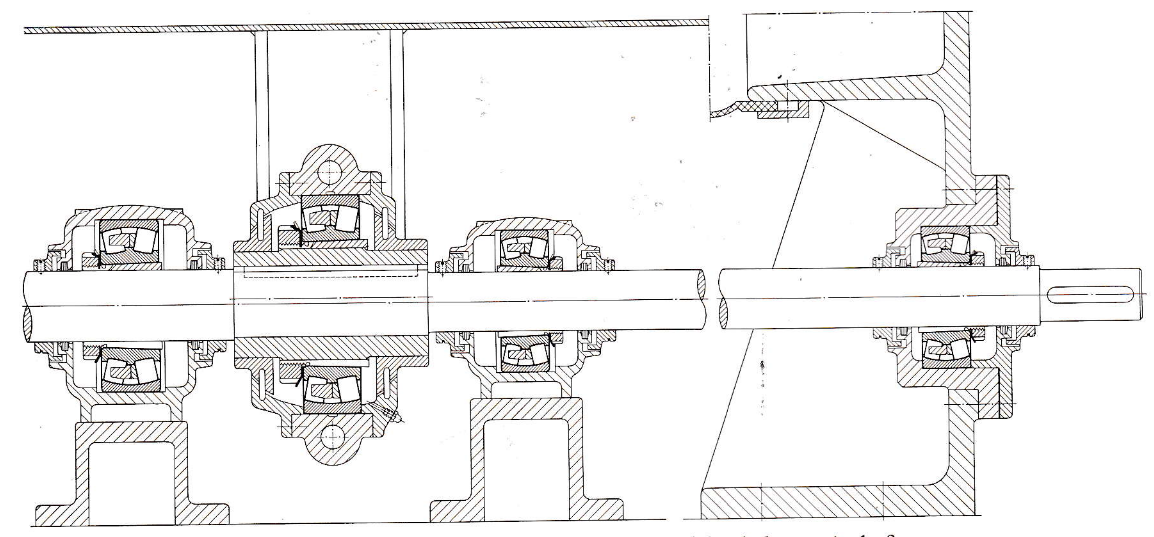


Fig. 10. Disposición de rodamientos del eje excéntrico del colador según la fig. 9

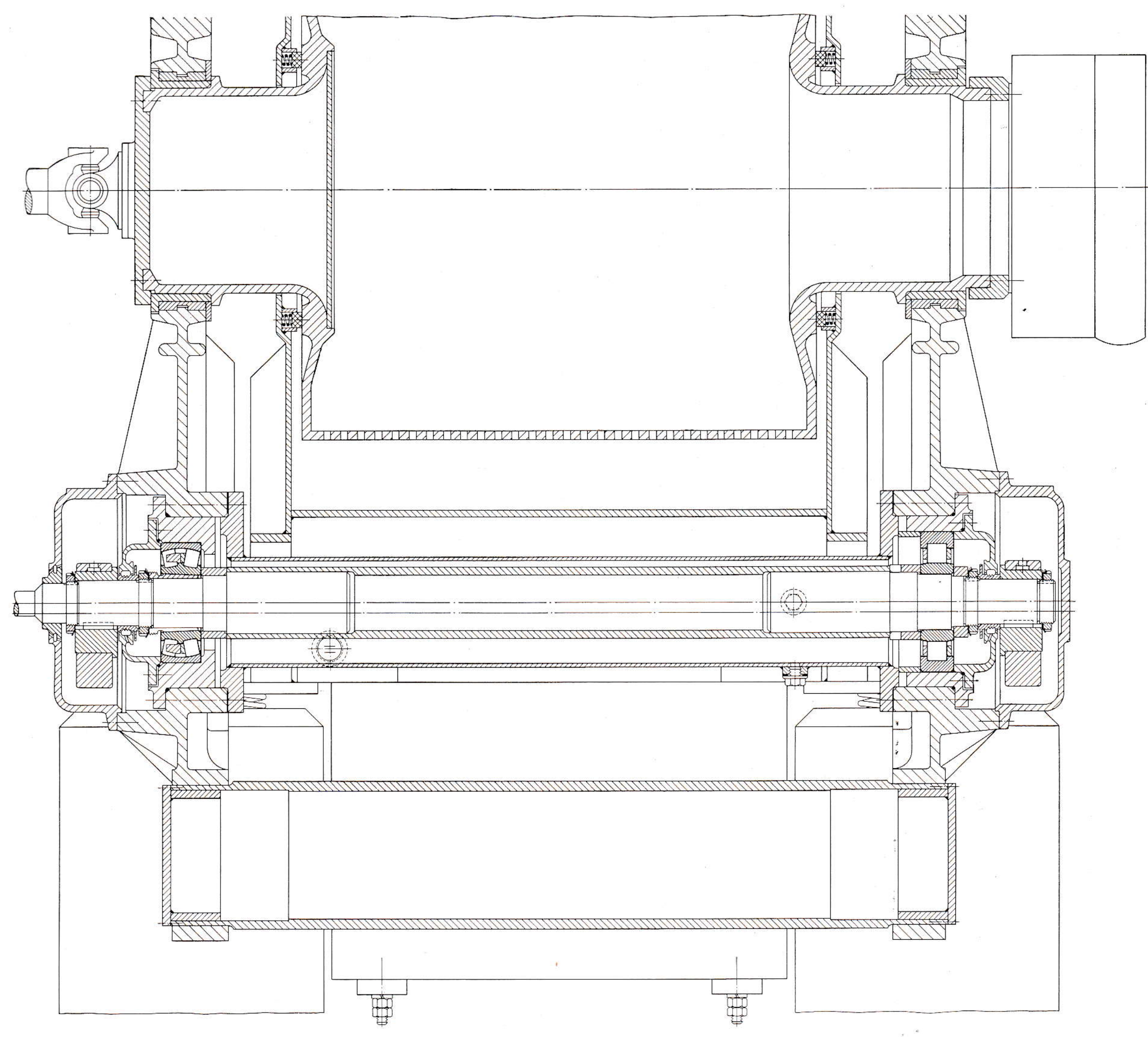


Fig. 11. Disposición de rodamientos del eje con contrapesos del colador vibratorio según la fig. 12

excéntrica K6 y para los demás J7. Los soportes están provistos de obturación reforzada.

2c *Coladores vibratorios*

Este tipo de colador difiere del tipo anterior en que se consigue la pulsación de la molienda mediante el tambor que oscila con un número alto de oscilaciones girando a la vez lentamente. La vibración es producida por un eje con contrapesos, que está conectado con el tambor mediante un armazón y los rodamientos del tambor. La cubeta está montada sobre resortes, véanse las *figs. 11* y *12*. También en esta máquina se alimenta la molienda por una abertura grande en la cubeta, pasa al tambor por las hendeduras en las chapas y sale del tambor por el eje hueco. Las impurezas al contrario se pegan al lado exterior del tambor quitándose mediante un chorro fuerte de agua recogiéndose después en una ranura. El tambor vibratorio está obturado contra la cubeta mediante obturaciones deslizantes.

El eje con contrapesos está montado en un rodamiento de rodillos cilíndricos NU 422 MA/C3 y otro de rodillos a rótula 22322 K/C3 montado sobre manguito de desmontaje, fig. 11. Esta combinación de rodamientos facilita un montaje sencillo habiéndose elegido en vista de que los rodamientos deben montarse con asiento fijo en sus alojamientos debido a los esfuerzos excéntricos que pueden ascender a 2300 kg por roda-

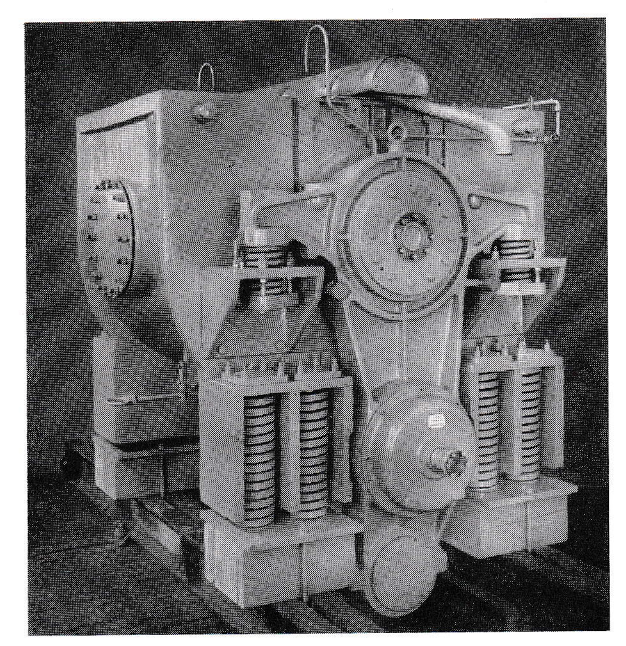


Fig. 12. Colador vibratorio
Potencia del motor 7 kW
Velocidad 1450 r.p.m.

miento. Los rodamientos se lubrican con aceite. La capacidad del recipiente de aceite, es de varios litros.

2d *Coladores sacudidores*

En estas máquinas está incluída una canasta de colar suspendida articulada y elásticamente en tubos de acero. Se hace vibrar la canasta mediante un eje con contrapesos conectado rígidamente con ésta y directamente acoplado al motor de accionamiento mediante un acoplamiento cardánico.

La molienda clasificada pasa por la canasta recogiéndose las impurezas en el fondo del colador siendo sacudidas hacia adelante y lanzadas afuera.

La *fig. 13* representa la disposición de rodamientos del eje con contrapesos, que está provisto de rodamientos de rodillos a rótula 22311. Debido a la carga giratoria del aro exterior ambos rodamientos deben montarse con asiento fijo en sus alojamientos. Cambios eventuales de longitud del eje son compensados por el hecho que éste puede deslizarse en uno de los rodamientos. La fuerza excéntrica máxima es de 875 kg por cada lado.

2e *Clasificadoras verticales*

Mientras que en los coladores descritos se consigue la vibración mecánicamente, en la clasificadora vertical se utiliza el principio hidrodinámico de pulsación para empujar la molienda por el colador de mallas finas y separar impurezas eventuales. En los cantos delanteros de dos aletas que giran dentro del tambor se produce una compresión de la masa y detrás de las aletas, una aspiración. Debido a la inclinación de las aletas en relación al eje, las impurezas se empujan hacia abajo a una cámara recolectora.

La *fig. 14* representa una clasificadora vertical vista desde arriba y la *fig. 15*, sus disposiciones de rodamientos. Para el eje vertical de las aletas, que se acciona por medio de un engranaje cónico, se ha elegido un rodamiento de dos hileras de bolas con contacto angular 3314 que hace de cuello fijo, el rodamiento libre es de rodillos cilíndricos. Gracias a esta combinación de rodamientos se puede mecanizar correctamente los alojamientos de los rodamientos en los soportes. El eje motriz horizontal está montado en un rodamiento de rodillos cilíndricos NU 306 y otro de rodillos a rótula 22312 los cuales se lubrican con circulación de aceite.

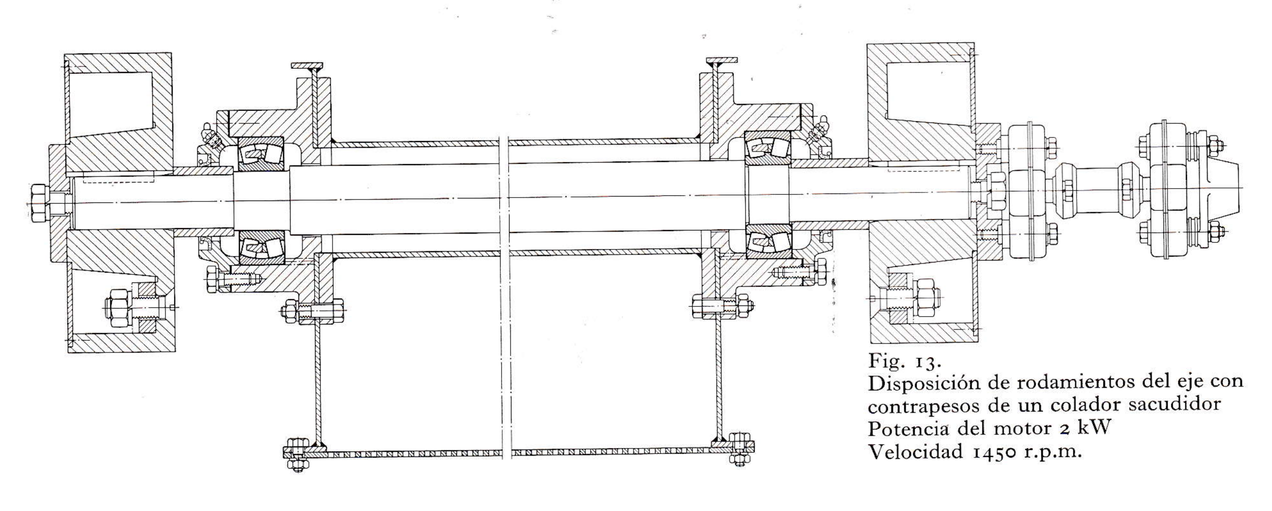


Fig. 13.
Disposición de rodamientos del eje con contrapesos de un colador sacudidor
Potencia del motor 2 kW
Velocidad 1450 r.p.m.

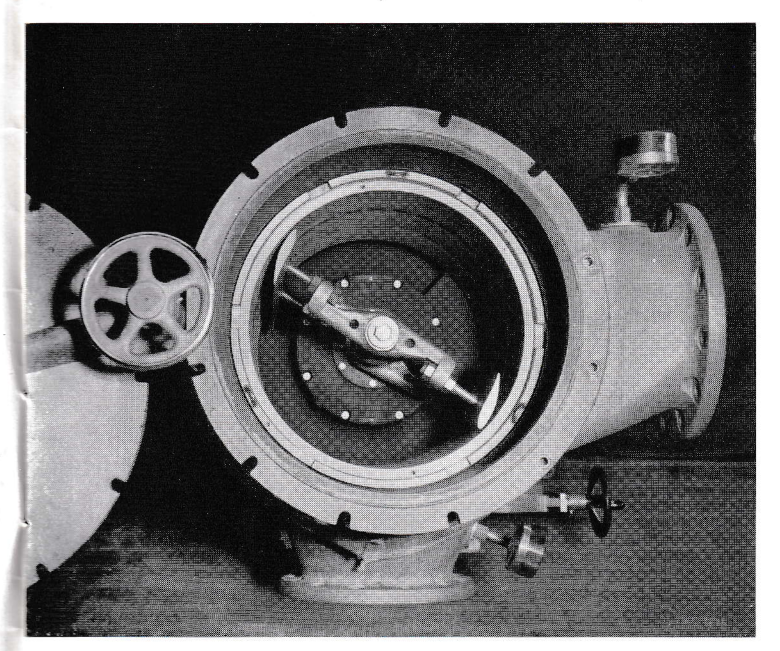


Fig. 14. Clasificadora vertical vista desde arriba
Potencia del motor 15 kW
Velocidad del eje de aletas 500 r.p.m.

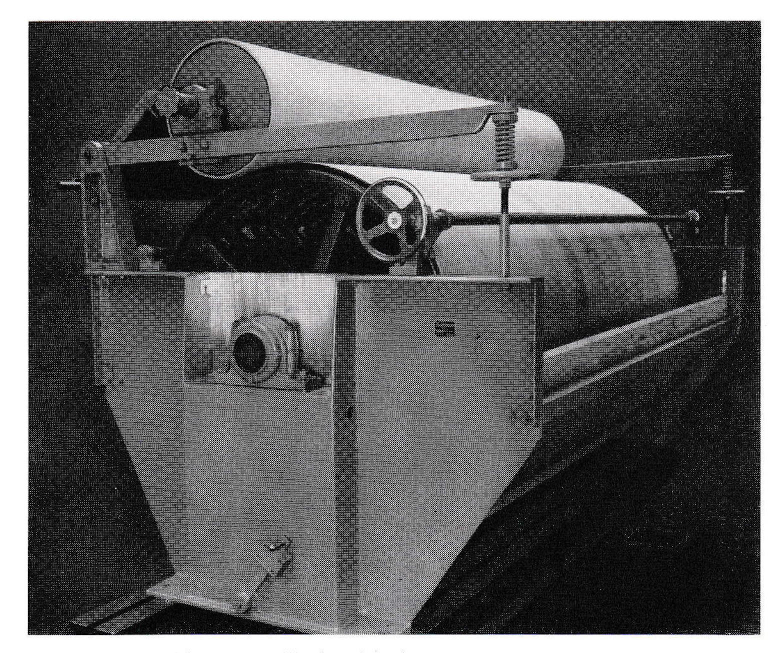


Fig. 16. Escurridora con cilindro de tela
Potencia del motor 7 kW
Velocidad del tamiz de tambor 11—33 r.p.m.

3 Escurridoras

Para el tratamiento subsiguiente de la pulpa puede ser favorable hacerla más espesa lo que se hace en una escurridora. A continuación se describirán dos tipos corrientes.

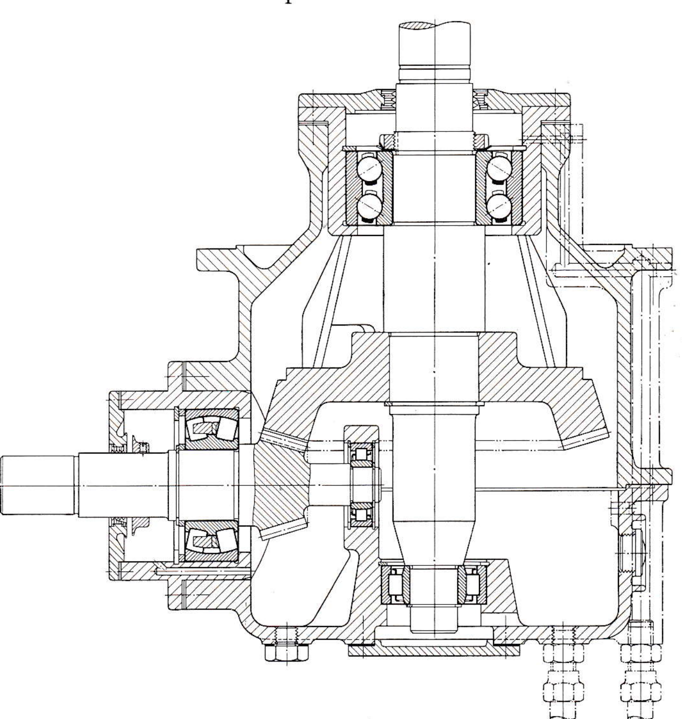


Fig. 15. Disposición de rodamientos de la clasificadora vertical de la fig. 14

3a *Escurridora con cilindro de tela*

La *fig. 16* representa la máquina mencionada. En la cubeta llena de pulpa gira un tamiz de tambor cubierto de tela. El agua de la pulpa pasa por la tela y sale por un extremo del tamiz. Se consigue el espesamiento de la pulpa en parte manteniendo ésta a un nivel constante más alto que el del agua en el tamiz de tambor, en parte comprimiendo la pulpa en el espacio estrecho entre el tamiz y la pared de la cubeta. La capa de fibras que se forma sobre la superficie del tamiz sigue hacia arriba a la parte superior de la máquina y es trasladada al cilindro de la tela. De éste se quitan las fibras mediante una cuchilla rascadora cayendo las fibras en una cuba o transportándolas a otro lado.

El tamiz de tambor está montado en dos soportes con rodamientos de bolas a rótula 1318 K que se lubrican con grasa. La obturación normal de los soportes ha sido reforzada con collares de laberinto.

3b *Filtros de cinta*

En un filtro de cinta con dos tamices de tambor se quita el agua de la pulpa desde un contenido seco de mínimo 4% hasta máximo 30%. Una banda de goma sin fin con carga previa de unos 3000 kg, corre alrededor de los dos tamices de

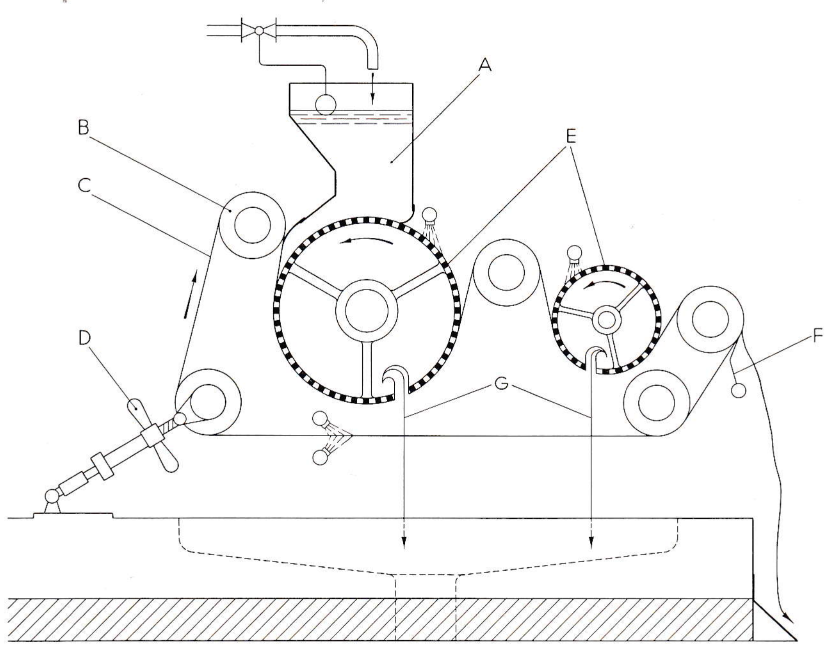


Fig. 17.
Diagrama de un filtro de cinta
Potencia del motor 2,5—8 kW
Velocidad del tamiz de tambor grande, hasta 12 r.p.m.
A cajón de entrada
B cilindro de guía
C banda de goma
D mecanismo de tensión para la banda de goma
E tamices de tambor
F cuchilla rascadora

tambor de diámetros diferentes y provistos de agujeros, véanse las *figs. 17* y *18*. Del cajón de entrada la pulpa fluye sobre el tambor grande como una masa uniforme quitándose el agua entre el tambor y la banda de goma. El agua exprimida corre desde el interior del tambor por ranuras de salida laterales. Debido a su mayor presión superficial, el tambor pequeño exprime más agua de la masa transportada por la banda de goma. Se quita después la masa de la banda mediante una cuchilla rascadora. Tanto los tamices de tambor como los rodillos de guía y los de tensión para la banda de goma están montados en rodamientos de rodillos a rótula 22322 K montados sobre manguitos de desmontaje. Los rodamientos se lubrican con grasa.

4 Abridoras y refinadoras

En las abridoras y refinadoras se efectúa el tratamiento más importante de la pulpa. Esta pasa generalmente por un espacio estrecho entre un juego de cuchillas fijas y otro de cuchillas giratorias. Las cuchillas pueden ser montadas sobre un rotor cilíndrico o cónico. Según la materia prima y el resultado deseado se da más importancia a moler las fibras o a abrirlas.

4a *Abridoras*

A fin de que la máquina pueda abrir las fibras sin a la vez cortarlas, es decir sin aumentar considerablemente el grado de molienda, generalmente se trabaja con un espacio grande entre los juegos de cuchillas.

En la *fig. 19* se ve la disposición de rodamientos en una abridora rápida. Un rodamiento de dos hileras de bolas y contacto angular 3313/C3 hace de cuello fijo en vista de que además de las cargas radiales también debe soportar cierta carga axial, y el rodamiento libre es uno de rodillos cilíndricos NU 217/C3 en el lado del rotor. Este último puede montarse con asiento fijo tanto en el soporte como sobre el eje lo que es deseable teniendo en cuenta la dirección indeterminada de la carga debido a esfuerzos de desequilibrio en el rotor. En vista de la alta velocidad de giro se debe pensar bien en lo que sea más favorable, lubricación con grasa o con aceite. La elección depende del intervalo de relubricación. Al lubricar con grasa es recomendable proveer los soportes con válvulas de grasa, véase la figura.

4b *Refinadoras Jordan*

Estas máquinas consisten en un recipiente cónico provisto de cuchillas longitudinales y un rotor cónico con su correspondiente juego de cuchillas. Moviendo el rotor axialmente en el recipiente según las necesidades, se puede ajustar el espacio de moler. El resultado deseado se obtiene ajustando la presión de moler y la cantidad de pulpa por unidad de tiempo y eligiendo un juego

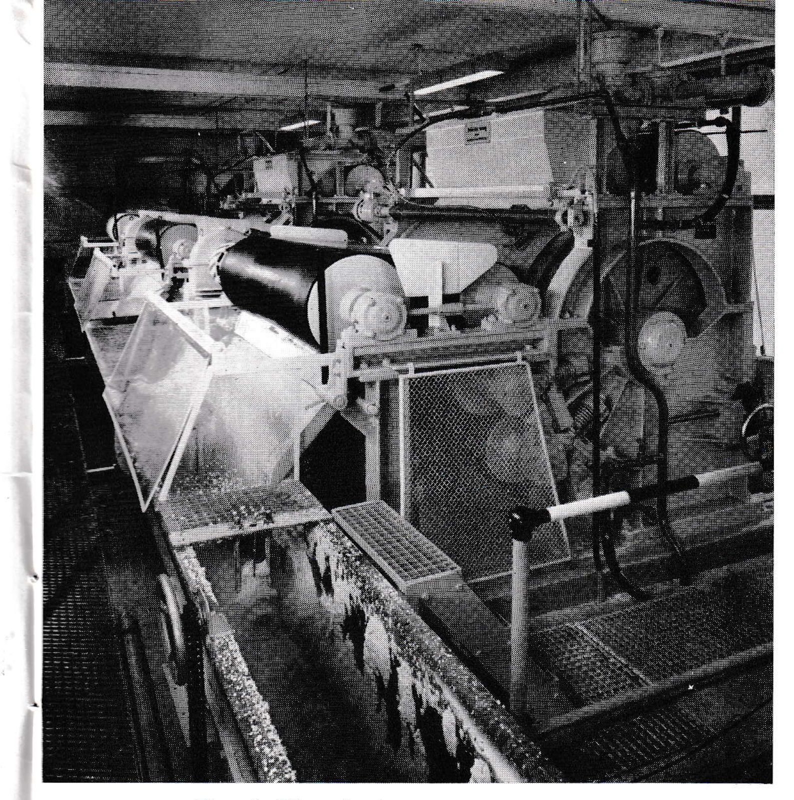


Fig. 18. Filtro de cinta

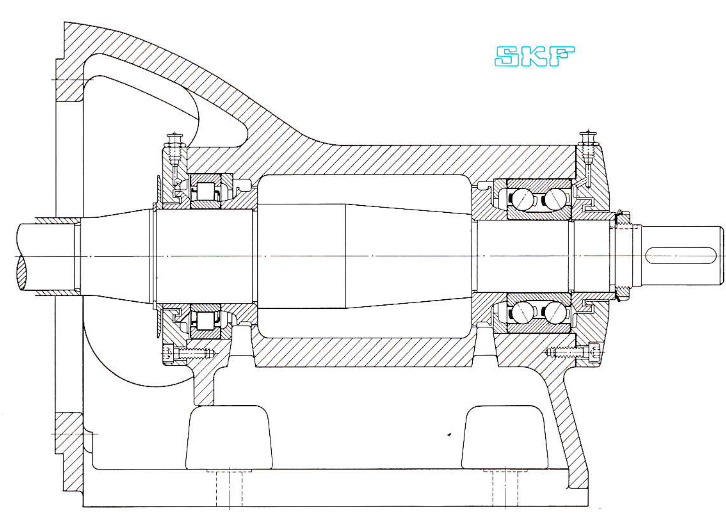


Fig. 19. Disposición de rodamientos de una abridora rápida
Potencia del motor 80 kW
Velocidad 3000 r.p.m.

de cuchillas apropiado. La potencia necesaria es de 50—300 kW.

De la *fig. 20* se desprende la disposición de rodamientos en una refinadora Jordan. Para facilitar el ajuste del espacio de moler, los dos soportes pueden deslizarse axialmente. El rodamiento libre es un 22328 CK de rodillos a rótula y el que hace de cuello fijo es también de rodillos a rótula aunque mucho más fuerte en vista de que debe soportar una carga axial considerable. Para impedir una lubricación excesiva se puede proveer los soportes con válvulas de grasa.

4c *Refinadoras rápidas de muelas*

Las refinadoras de muelas se emplean tanto para moler pulpa refinada como para deshacer y desintegrar pulpa gruesa, por ej. de nudos o paja. Por un tubo de entrada se bombea continuamente la molienda haciéndola pasar por entre las muelas provistas de rayas una de las cuales es estacionaria y la otra giratoria. Como la pulpa pasa por las

Fig. 20. Disposición de rodamientos de una refinadora Jordan
Potencia del motor 290 kW
Velocidad 360 r.p.m.
Presión axial unos 1000 kg

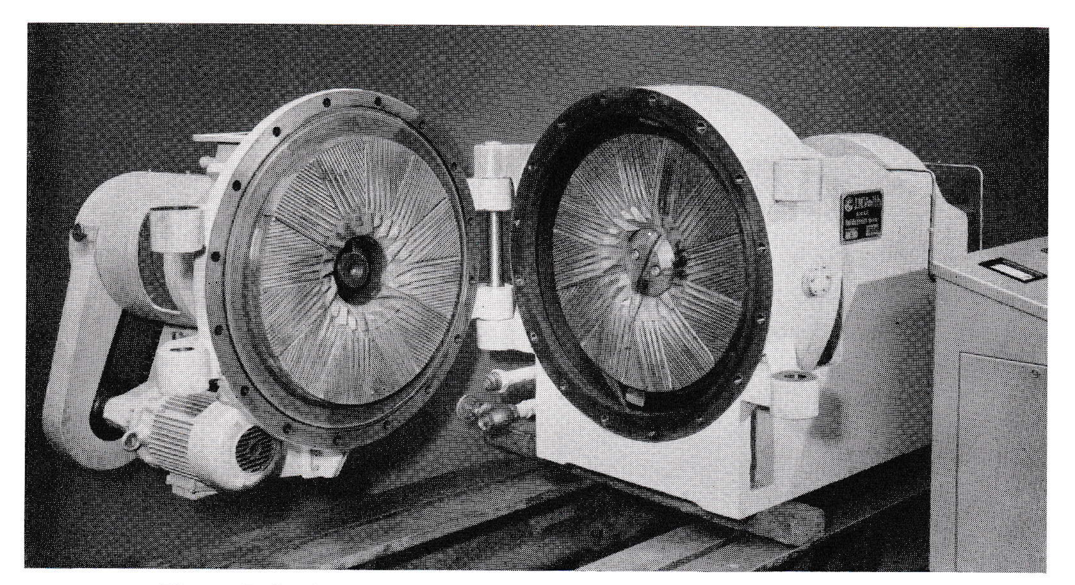


Fig. 21. Refinadora rápida de muelas para el tratamiento de papel de desecho
Potencia del motor hasta 200 kW
Velocidad 960 ó 1450 r.p.m.

muelas desde el centro hacia la periferia se amasan las fibras. Después la pulpa molida se transporta a presión por un tubo a la refinadora siguiente o si la molienda está acabada, a una cuba colectora.

Para el tratamiento de papel de desecho o pulpa de nudos, se alimenta la refinadora mediante un tornillo de transporte.

La *fig. 21* representa una refinadora rápida de muelas para el tratamiento de papel de desecho y la *fig. 22*, las disposiciones de rodamientos tanto para la refinadora misma como para el tornillo de transporte. Al lado de la muela, el eje va montado en un rodamiento de rodillos cilíndricos NU 230 MA y dos rígidos de bolas 6230, estos últimos hacen de cuello fijo, y en el lado de accionamiento, en un rodamiento de rodillos a rótula 23128 C.

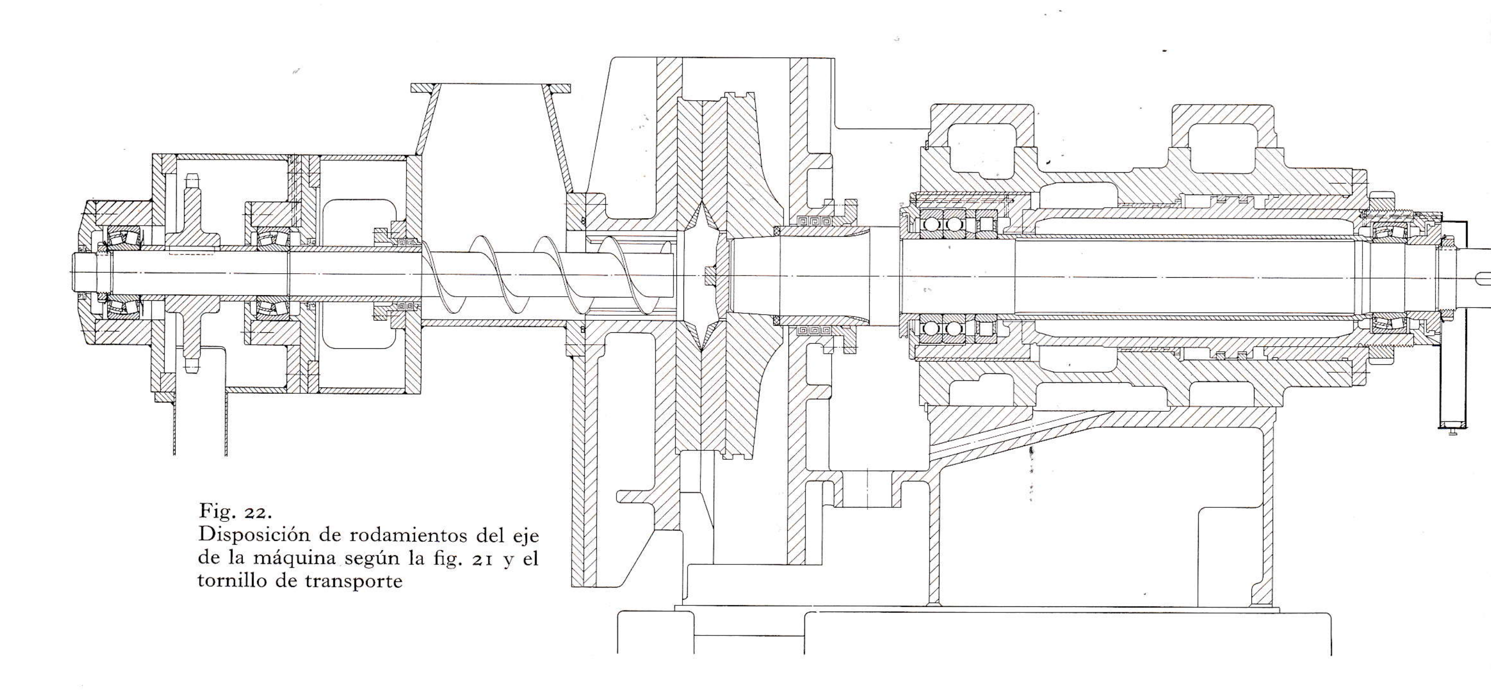


Fig. 22.
Disposición de rodamientos del eje de la máquina según la fig. 21 y el tornillo de transporte

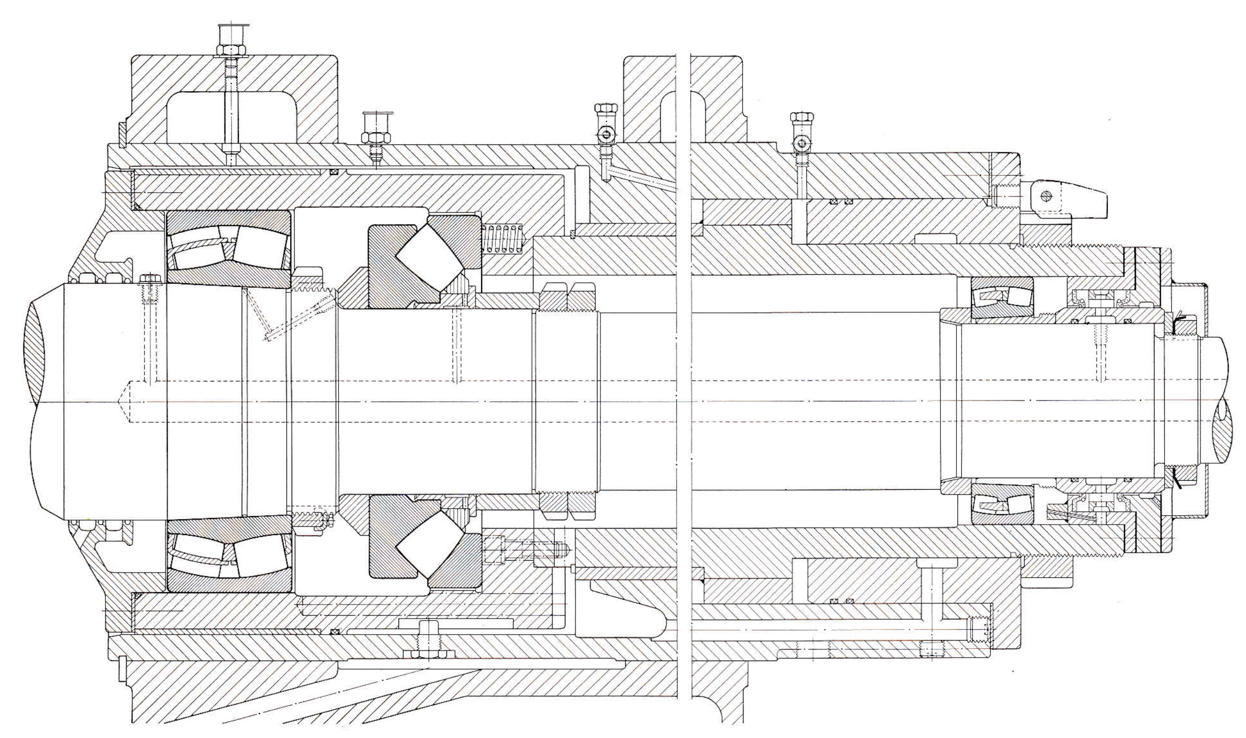


Fig. 23. Disposición de rodamientos del eje de una refinadora de muelas con alta presión de moler
Potencia del motor hasta 150 kW
Velocidad 440—725 r.p.m.

Se ha elegido esta combinación de rodamientos pues, teniendo en cuenta el entretenimiento, se prefiere lubricar los rodamientos con grasa y proveer los soportes con válvulas de grasa. Los aros exteriores de los rodamientos rígidos están alojados en los soportes con huelgo radial soportando por eso solamente cargas axiales.

Igual que en otras máquinas de moler, las obturaciones deben ser muy eficaces. Entre la cámara de moler y la disposición de rodamientos se emplean prensaestopas.

El tornillo de transporte está montado en dos rodamientos de rodillos a rótula 22318 C que también se lubrican con grasa.

4d *Refinadoras de muelas con alta presión de moler*

Para moler pulpa desfibrada de toda clase o para desintegrar pulpa refinada se emplean generalmente refinadoras de muelas con alta presión de moler. También en estas máquinas se bombea la molienda por un tubo central haciéndola pasar entre la muela fija y la giratoria.

La *fig. 23* representa la disposición de rodamientos para el eje de una refinadora semejante. La carga axial que normalmente es muy grande, es absorbida por un rodamiento axial de rodillos a rótula 29436. Si el rodamiento axial se descargara lo que puede ocurrir en estas máquinas, existe el riesgo que el aro exterior pierda su contacto con el juego de rodillos lo que se ha prevenido mediante unos cuantos resortes que continuamente empujan el aro contra el juego de rodillos. La contrapresión eventual en la dirección opuesta es absorbida por el rodamiento de rodillos a rótula 23144 CK que en primer lugar soporta la carga radial de esta disposición. Este rodamiento está montado directamente sobre el muñón cónico y se monta y desmonta con ayuda de aceite a presión. El otro extremo del eje va montado en un rodamiento de rodillos a rótula 23032 K montado sobre manguito de desmontaje.

Los rodamientos se lubrican con aceite alimentado por agujeros en el eje. Las aberturas de salida para el aceite están colocadas de tal manera que el soporte siempre contenga cierta cantidad de aceite y que su nivel sea tan alto que al arrancar

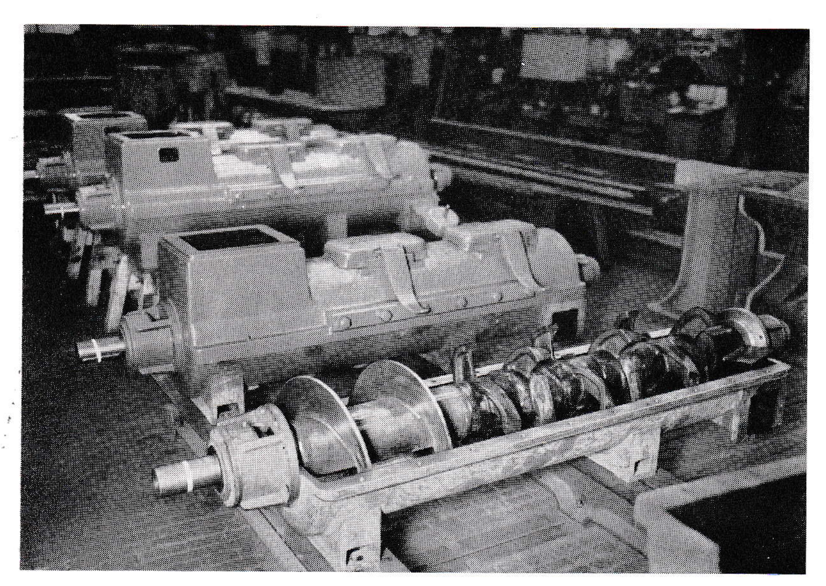


Fig. 24. Algunas desfibradoras dispuestas para su entrega
Potencia del motor 100 kW
Velocidad 78 r.p.m.

Fig. 25.
Disposición de rodamientos de una hélice de batidor
Potencia del motor 22 kW
Velocidad 160 r.p.m.

la máquina el rodamiento axial obtenga lubricación suficiente.

5 Desfibradoras

Las desfibradoras se emplean para disolver completamente la pulpa de papel de desecho que previamente ha sido disuelta y otra vez espesada. Se alimenta la pulpa mediante un tornillo de transporte y se espesa aun más pasando por la máquina. La pulpa es amasada entre las aletas del eje y los peines de la caja disolviéndose enteramente las fibras. El procedimiento es facilitado por el calentamiento de la pulpa debido al rozamiento durante el amasamiento o eventualmente calentándola por vapor.

La *fig. 24* representa algunas desfibradoras dispuestas para su entrega. Al lado de accionamiento, el eje de esta máquina va montado en un rodamiento de rodillos a rótula 22228 K montado sobre manguito de fijación y en el extremo opuesto, otro de rodillos a rótula 22220. Las cargas axiales son absorbidas por un axial de bolas 53318 U alojado en el mismo soporte que el rodamiento 22220.

Los rodamientos se lubrican con grasa. Las obturaciones son hechas en principio de la misma manera que las de la bomba centrífuga según la fig. 28.

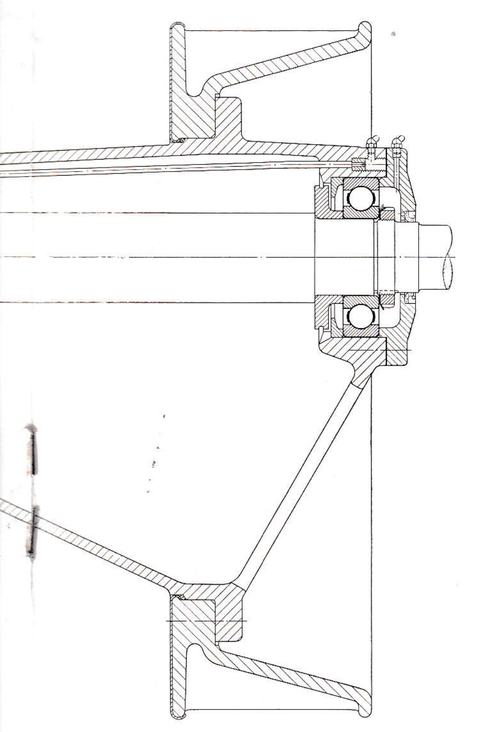
6 Batidores, máquinas de transporte y dosificación

6a *Batidores*

Para mezclar pasta de papel, celulosa o pulpa en las cubas de almacenar o mezclar se emplean batidores. La capacidad de las cubas puede ser de 5 a 160 m^3 y la concentración máxima de la pulpa es de 4,5% de contenido seco. La hélice del batidor hace circular la pulpa aspirándola a lo largo de la pared de la cuba y debido al giro uniforme se obtiene una mezcla homogénea.

De la *fig. 25* se desprende la disposición de rodamientos de una hélice de un batidor. Al lado de la hélice, el eje va montado en un rodamiento de rodillos cilíndricos NU 219/C3 y un rodamiento rígido de bolas 6319 hace de cuello fijo. Habiendo elegido un rodamiento de rodillos cilíndricos como rodamiento libre, es fácil desmontar y otra vez montar el eje una vez quitada la hélice. Los rodamientos se lubrican con grasa. El acceso a los rodamientos es difícil y por eso se han provisto los soportes con válvula de grasa para facilitar el entretenimiento y para impedir que al relubricar los rodamientos éstos tengan grasa en exceso.

Entre los rodamientos al lado de la hélice y el prensaestopas hay un espacio grande para recoger la pulpa que eventualmente hubiera entrado no habiendo necesidad de quitarla mediante chorros de agua.



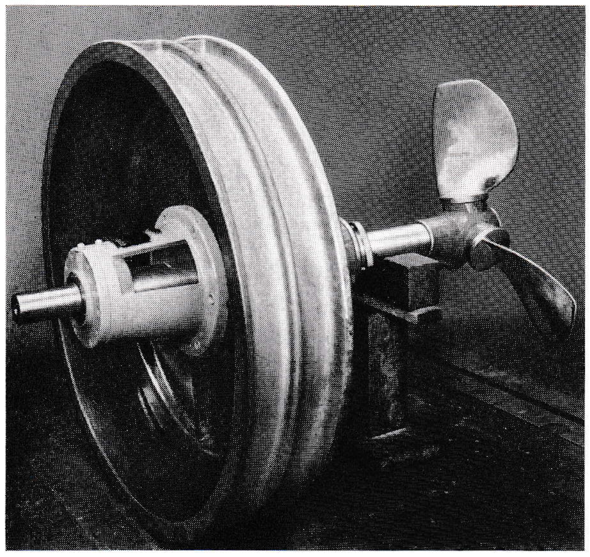




Fig. 26. Hélice de batidor

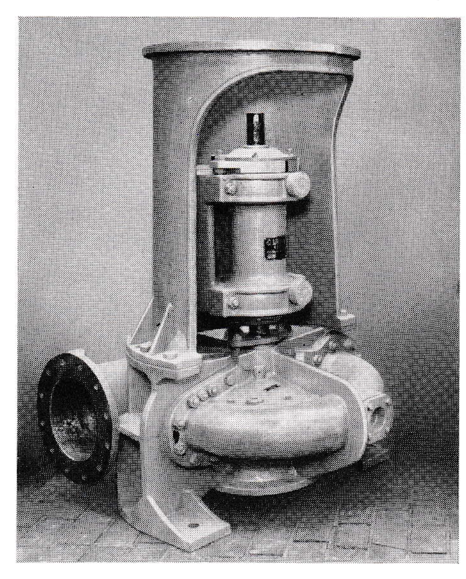


Fig. 27. Bomba centrífuga vertical

6b *Bombas centrífugas*

En una instalación para preparar pulpa existen un gran número de bombas centrífugas. Estas transportan no solamente la pulpa disuelta sinó que también agua filtrada, fresca, de rechazo y sucia. La potencia necesaria depende desde luego de la cantidad a transportar, la altura de elevación y la concentración de la pulpa. Las bombas se construyen para colocarse horizontalmente o bien verticalmente como se ve en la *fig. 27*.

En la *fig. 28* se ve una disposición de rodamientos aprobada para bombas horizontales. Los rodamientos están montados en un soporte común

Fig. 28. Disposición de rodamientos de una bomba centrífuga horizontal

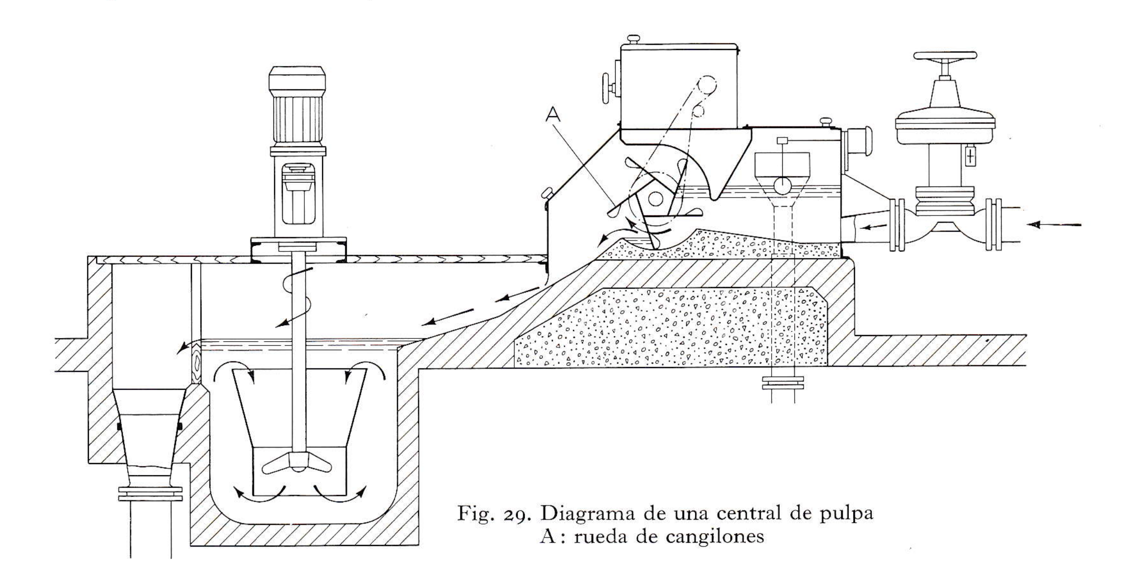


Fig. 29. Diagrama de una central de pulpa
A: rueda de cangilones

que es desmontable. Esta disposición es apropiada en los casos cuando el rodete de la bomba fácilmente se obstruye por impurezas y a menudo debe desmontarse para su limpieza. La carga radial es soportada por dos rodamientos de rodillos cilíndricos NU 312 y las axiales, por un rígido de bolas 6410/C3 alojado con huelgo radial en el soporte. Los rodamientos de rodillos cilíndricos están montados con asiento fijo tanto en el soporte como sobre el eje pero debido a la construcción, el montaje es sin embargo fácil. Los rodamientos son protegidos por obturación de collares reforzados por aros esparcidores.

6c *Centrales de pulpa*

En la central de pulpa, se regula la cantidad y composición de las varias materias agregadas, como son caolín, cola, colorante y alumbre. Como se ve de la *fig. 29* se hace esto con ayuda de una rueda de cangilones cuya velocidad puede graduarse mediante una variador progresivo. La bomba para la dosificación de las materias agregadas está directamente acoplada a la rueda de cangilones.

La rueda de cangilones está montada en dos rodamientos de bolas a rótula 1312. La obturación contra la rueda debe ser tan eficaz que impide que la pulpa se escape a los rodamientos. Por eso se emplean dos retenes del tipo corriente que generalmente se montan con los labios hacia la pulpa. Se inyecta grasa entre los dos collares. Para aumentar el efecto, se puede montar detrás de las obturaciones un disco esparcidor. Los rodamientos se lubrican con grasa y la relubricación depende solamente de razones de obturación.

Resumen

Las máquinas de preparar pulpa de papel descritas en este artículo, representan solamente una selección limitada de los tipos existentes en el mercado. Desde luego, es imposible describir todas las construcciones, pero este resumen dará al lector una buena idea de las exigencias que se ponen sobre las máquinas particulares destinadas al tratamiento de la pulpa.

Las exigencias más importantes de todas las máquinas de tratar pulpa es una marcha absolutamente segura, entretenimiento sencillo y costes de conservación los más bajos posibles. Para satisfacer estas demandas siempre es recomendable proveer las máquinas con rodamientos.

Una nueva disposición para montar acoplamientos sobre los ejes

Reg. 474 2

El objeto de la disposición de fijar cubos de acoplamientos, que se describirá a continuación, es obtener un cubo que:

tiene asiento flojo y por eso fácilmente puede colocarse en su posición correcta sobre el muñón cilíndrico,

puede sujetarse firmemente sobre el muñón para poder transmitir momentos de torsión grandes y de dirección variable,

fácilmente puede soltarse.

Estas propiedades son desde luego deseables desde varios puntos de vista, entre otros, el fácil acceso a los rodamientos y demás elementos de máquina que se encuentran sobre el eje al interior del cubo.

Con los acoplamientos de tensión construídos hasta ahora — un ejemplo de éstos se ve en la *fig. 1* — muchas veces es difícil calar los aros de tensión de un material con alto límite elástico en tanto que se utilice este límite. También resulta muy difícil el desmontaje si han sido calados fuertemente. Por lo general se emplean los acoplamientos corrientes de aros de tensión solamente para acoplar dos ejes entre sí y generalmente no están construídos para la sujeción de cubos de acoplamiento.

La nueva construcción, *fig. 2*, se basa en la sujeción del cubo mediante un aro de tensión calado sobre un asiento cónico al exterior del cubo.

A fin de que la capacidad del cubo para transmitir momentos sea grande, el material empleado,

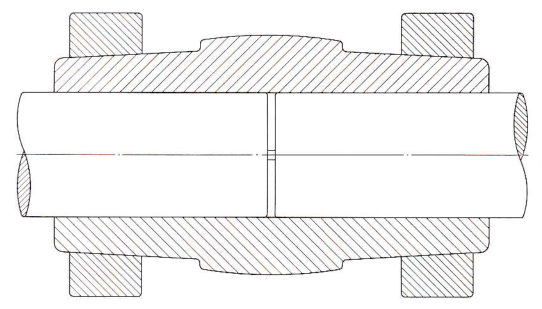


Fig. 1. Acoplamiento de compresión

especialmente el del aro de tensión debe tener un alto límite elástico. Se debe poder calar el aro tanto sobre el asiento cónico hasta que se utilicen las propiedades de resistencia del material, y además debe ser fácil quitar el aro de su asiento.

A fin de reducir en lo posible el rozamiento entre el aro y el cubo, se aplica presión hidráulica manteniéndose el líquido en una cámara estanca entre estas dos piezas. Gracias a la presión hidráulica, el aro de tensión puede fácilmente calarse sobre el cono del cubo hasta obtener un asiento muy prieto entre el cubo y el eje. Sin embargo, los cantos del cubo no quedan sujetos a contracción y por eso, el asiento prieto no da lugar a ninguna concentración de tensiones en el eje. La fuerza hidráulica sobre el cubo se reparte sobre un trecho del eje que es mayor que la distancia entre las fajas de obturación.

Para calar el aro de tensión se emplean las herramientas sencillas de tornillo incluídas en la construcción y no se precisan otras herramientas auxiliares que llaves de tuercas. Con estas herramientas también es fácil desmontar el aro de tensión pues gracias a la presión hidráulica tiene tendencia a deslizar por sí mismo del cubo cuando se quita el mecanismo de cierre.

La capacidad del cubo de transmitir momentos resulta doblada cubriendo el muñón del eje con polvo de carborundum; sin inconveniencias puede el juego entre el cubo y el eje antes del calado del aro de tensión ser tan grande que también en este caso es fácil montar el cubo.

Cubos de acoplamiento de la nueva ejecución pueden emplearse no solamente para acoplar ejes sino también para la sujeción de volantes, coronas de ruedas dentadas, poleas, cubos de freno, cubos de ruedas, etc.

La construcción del cubo

En la fig. 2, la cifra 1 significa el eje sobre el cual se ha montado el cubo de acoplamiento 2. La tolerancia adecuada para el eje es j6 y para el

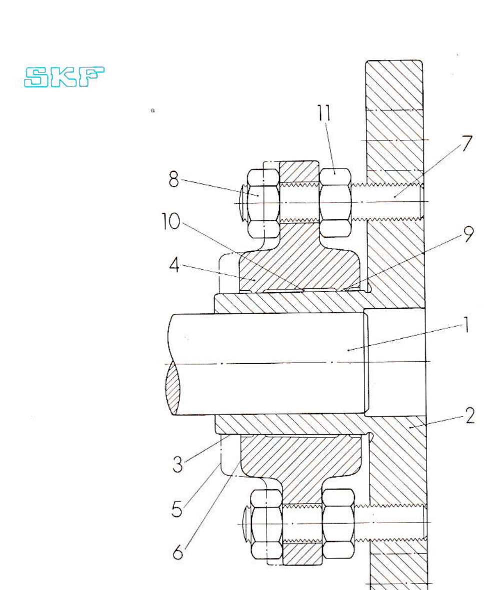


Fig. 2. Cubo de acoplamiento de la nueva ejecución

agujero del cubo H7, G7 ó F7 según el diámetro del eje. El cubo tiene el asiento cónico 3 para el aro de tensión 4 que se cala desde su posición inicial 5 en la cual el eje apenas está fijado en el agujero del cubo, hasta su posición final 6; esta distancia se llamará a continuación el trecho de calado. Se cala el aro sobre el cono del cubo mediante las tuercas 8 en los tornillos 7 colocados diametralmente. Para cubos pequeños y medios se emplean dos tornillos, para los grandes cuatro. En cada par de tornillos uno está roscado a la derecha y otro a la izquierda a fin de que, apretando simultáneamente las dos tuercas, no sea necesario asegurar el eje que se movería fácilmente. Antes de montar el aro de tensión, se echa en su agujero el líquido para la presión hidráulica que durante el calado del aro impide que éste llegue en contacto metálico con el cono del cubo. Entre el cubo, el aro de tensión y las fajas de obturación 9 ubicadas cerca de los cantos del aro, se obtiene una cámara estanca 10 para el líquido.

El líquido para la presión hidráulica que a temperatura normal es una pasta espesa, se compone de aceite de cilindro y partículas sólidas muy finas, entre otras arcilla coloidal. Durante el montaje, la presión de la pasta aumenta casi proporcionalmente con el trecho de calado reduciendo el aceite su volumen debido a su compresibilidad considerable. Cuando se ha calado el aro de tensión enteramente, la presión de la pasta es de 20 a 30 kg/mm², según el límite elástico del material del aro y del eje. La pasta es entonces casi sólida y no se escurre aunque exista un espacio pequeño entre el cubo y las fajas de obturación o alguna raya en el cono del cubo. Solamente en el caso que la temperatura del cubo y del aro de tensión fuera tan alta que el aceite de la pasta resultara líquido, el aceite se escurriría a la vez que se formaría un espacio entre las piezas debido a que el material de la pasta tiene mayor coeficiente de dilatación que el del cubo. Por el escurrido de aceite se reduce el espacio hasta que las fajas de obturación otra vez hagan contacto con el cubo resultando una cámara estanca para el aceite más fino remanente. Cuando el asiento recobra su temperatura normal solamente ha perdido una pequeña parte de su esfuerzo de apretamiento original gracias a las partículas sólidas y la pequeña altura de la cámara, 0,05—0,10 mm.

El desmontaje se hace fácilmente con ayuda de las tuercas de desmontaje 11 de la fig. 2. Por las pruebas efectuadas se ha comprobado que el aro de tensión puede deslizarse del cubo por sí solo aunque la temperatura de éste haya sido 100 °C durante 70 horas y después 125 °C durante 45 horas. Si la temperatura es mayor de 175 °C existe sin embargo el riesgo que el aro de tensión no se suelte debido a que haya escurrido demasiado aceite.

Si el aro, cubo y eje son de un material adecuado, la presión hidráulica en la cámara puede ser de tal magnitud que el cubo queda asentado a contracción con un agarre de 0,6% del diámetro del eje. Como ejemplo puede mencionarse que el esfuerzo de rozamiento entre cubo y eje en sentido axial, con diámetro de eje de 25 mm, ancho del aro de tensión de 30 mm y separación entre los cantos interiores de las fajas de obturación 18 mm, puede ascender a 12000 kg, correspondiente a 510 kg por cm² de superficie de contacto contada sobre el ancho total del aro de tensión. El esfuerzo de rozamiento depende sin embargo en sumo grado de la magnitud del juego entre eje y cubo, especialmente con diámetros pequeños de eje. Siendo el juego máximo y las tolerancias de agujero y eje las mencionadas anteriormente, con diámetros de eje de 25 mm hacia arriba se puede contar con un valor mínimo de unos 350 kg/cm².

Cuando se había cubierto el eje con polvo de carborundum antes de montar el cubo, el esfuerzo de rozamiento resultó 25000 a 26000 kg, el último valor corresponde a 1100 kg/cm². Según la uni-

formidad de la capa de polvo sobre el eje, el esfuerzo de rozamiento varía algo de un caso a otro pero para el tamaño del cubo en cuestión nunca es menor de 20000 kg.

También se han hecho ensayos con aros de tensión con superficie de contacto enteramente cónica. El esfuerzo de rozamiento resulta escasamente menor que el de la ejecución según la fig. 2, pero poco a poco se escurre el líquido de presión haciendo difícil o imposible el desmontaje del aro de tensión mediante las tuercas de desmontaje. Los aros de tensión con aros O de obturación tampoco han dado resultados satisfactorios.

Material de los aros de tensión y cubos de acoplamiento

Con buenos resultados se han fabricado aros de tensión de hierro tenaz de la calidad SKF G 82 tratado térmicamente. Por las pruebas de carga se ha comprobado que la dureza del material que proporciona las mejores propiedades de resistencia, es 375 H_B. Con esta dureza el límite elástico es de unos 120 kg/mm² y el alargamiento unos 1,5 %, mientras que la resistencia a la rotura es cerca de 125 kg/mm². También se han obtenido resultados satisfactorios con acero para rodamientos endurecido a estructura bainítica.

En las pruebas difíciles, el esfuerzo en los aros de tensión ha ascendido a 100 kg/mm². Normalmente es recomendable no utilizar más que el 55 a 65 % del límite elástico del material.

Con buen resultado se ha empleado hierro tenaz de la calidad normal SKF G 82 en los cubos de acoplamiento. Su límite elástico es a lo menos 35 kg/mm², su alargamiento a lo menos 7 % y su resistencia a la rotura a lo menos 50 kg/mm².

La *fig. 3* representa un diagrama que indica la tensión del aro requerida para compensar diferentes juegos entre cubo y eje cuando la relación entre el diámetro máximo del cubo y el del eje es 1,33 y los aros de tensión están proporcionalmente dimensionados en relación al cubo. Con el juego eficiente mínimo aunque sea cero, una parte de la tensión permitida del material del aro de tensión es sin embargo utilizada para la alisadura de las superficies de contacto entre ejes y cubo al contraerse el cubo. Por el diagrama de la *fig. 4* se desprende el esfuerzo en kg/mm² que se precisa aplicar al aro de tensión, en un eje de 25 mm y con diferente juego eficiente entre cubo y eje, para poder contraer el cubo hasta que empiece a agarrar. Este diagrama solamente es de interés teórico, dado que desde el punto de vista de resistencia no puede permitirse un juego que exceda de cierta magnitud. Cuando las tolerancias están elegidas con el objeto de poder calar los cubos fácilmente sobre ejes con diámetro pequeño manteniendo el diámetro exterior del

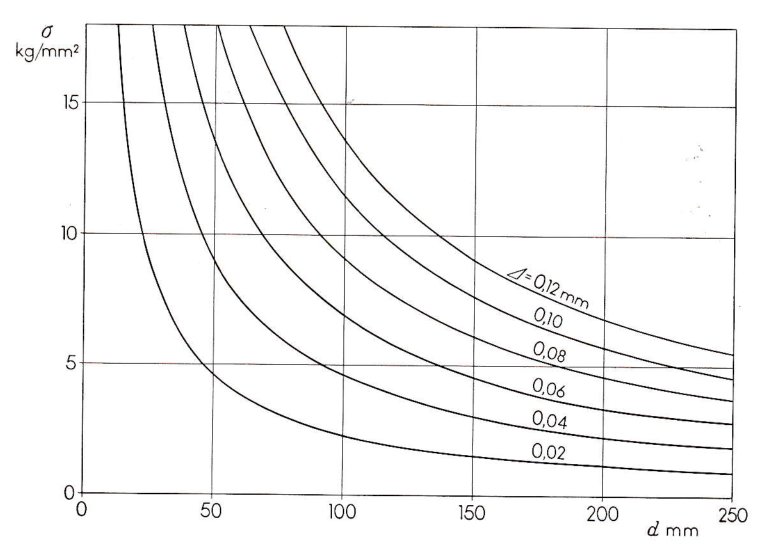


Fig. 3. Diagrama de tensión
Δ indica el juego inicial en milímetros entre eje y cubo, σ la tensión en kg/mm² del aro de tensión requerida para compensar el juego

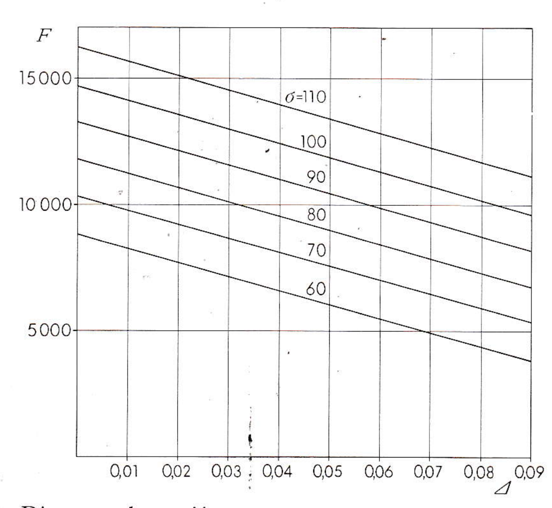


Fig. 4. Diagrama de tensión
F = esfuerzo de rozamiento entre eje y cubo para diámetro de eje de 25 mm, que corresponde a cierto juego inicial Δ en mm entre estas piezas y cierto esfuerzo σ en kg/mm² en el aro de tensión

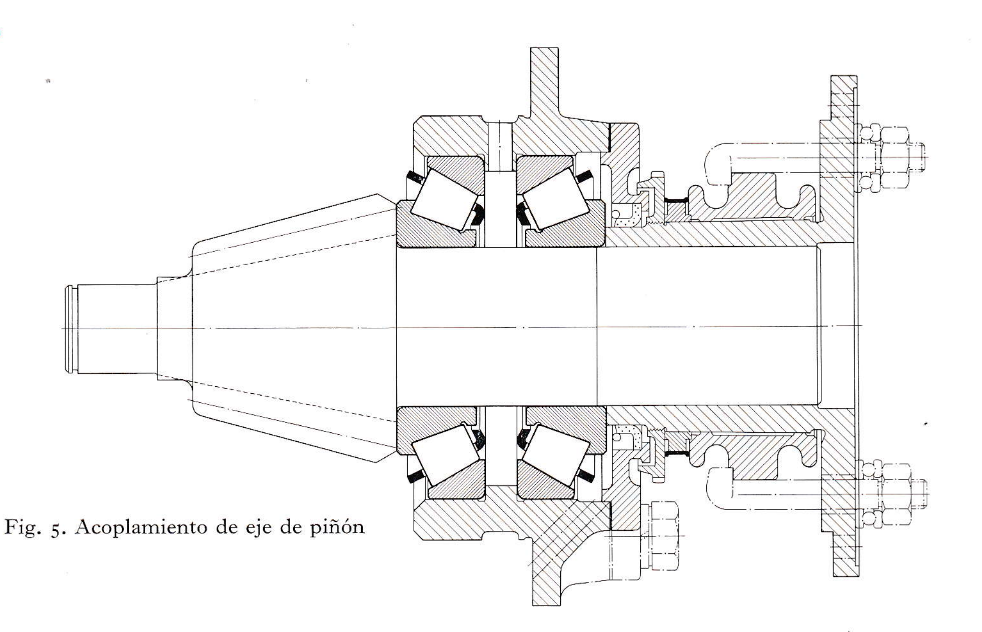


Fig. 5. Acoplamiento de eje de piñón

cubo, el espesor del cubo sería demasiado grande para obtener un momento de rozamiento satisfactorio sin emplear carborundum entre las superficies de contacto.

Ensayos con acoplamientos con aros de tensión

Hasta ahora se han efectuado la mayoría de los ensayos con acoplamientos con aros de tensión en laboratorios y su objeto ha sido medir el esfuerzo de rozamiento entre eje y cubo y estudiar el material más adecuado a emplear. Sin embargo se han hecho ensayos prácticos con acoplamientos en ejes de piñones. Dos acoplamientos semejantes según la *fig. 5*, se fabricaron y montaron sobre un camión Volvo Titán. Se eligió este tipo de camión debido a que se utiliza en condiciones de marcha muy difíciles. Se probaron estos acoplamientos en recorridos de 70000 km en conjunto y al inspeccionarlos ambos se encontraron en muy buenas condiciones. Los acoplamientos están destinados a transmitir 500 kgm como máximo pero en los ensayos de laboratorio pudieron transmitir 1800 kgm. Antes del montaje se cubrieron los muñones del eje del piñón con polvo de carborundum y las dos bridas de acoplamiento quedaron montadas durante 1 año y $1^1/_2$ respectivamente antes de colocar los ejes en el camión. El acoplamiento primeramente probado estuvo montado durante 2 años en total y el otro, 3 años. El material anticorrosivo con que se había untado la parte descubierta del cono del cubo, fué enteramente eficaz. El agente de presión empleado en este caso

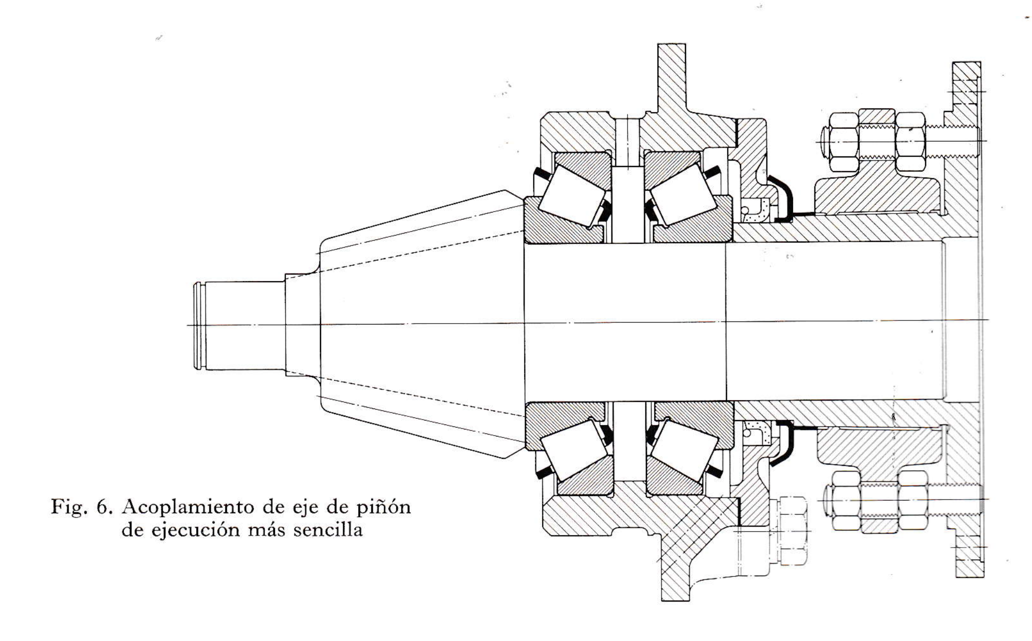


Fig. 6. Acoplamiento de eje de piñón de ejecución más sencilla

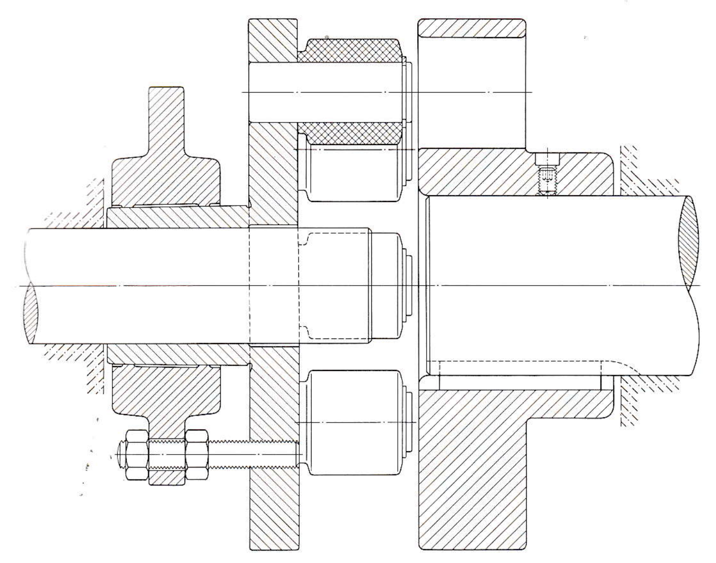


Fig. 7. Desmontaje de acoplamiento con aro de tensión

fué una mezcla de grasa orgánica y naftato de zinc que tenía mucha tenacidad y buena capacidad adherente siendo muy adecuado para su fin.

La *fig. 6* representa una ejecución más sencilla de un cubo de acoplamiento para ejes de piñones.

El empleo de acoplamientos con aros de tensión facilita en sumo grado el montaje de rodamientos de rodillos cónicos. No se precisan espaciadores, ni aros de separación, ranuras, muñón roscado, tuerca de eje, etc. Se montan fácilmente los rodamientos en una prensa y durante el montaje puede medirse el momento de rozamiento de los rodamientos. La carga previa de los rodamientos puede mantenerse dentro de límites muy estrechos.

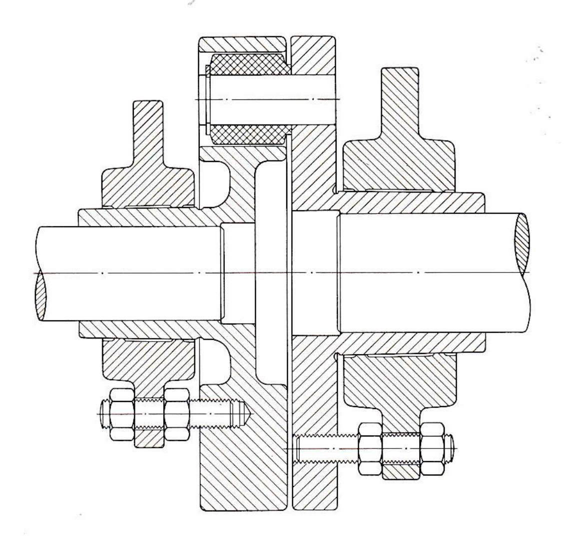


Fig. 8. Acoplamiento con aro de tensión en ambas mitades

Normalización de acoplamientos con aros de tensión para motores eléctricos

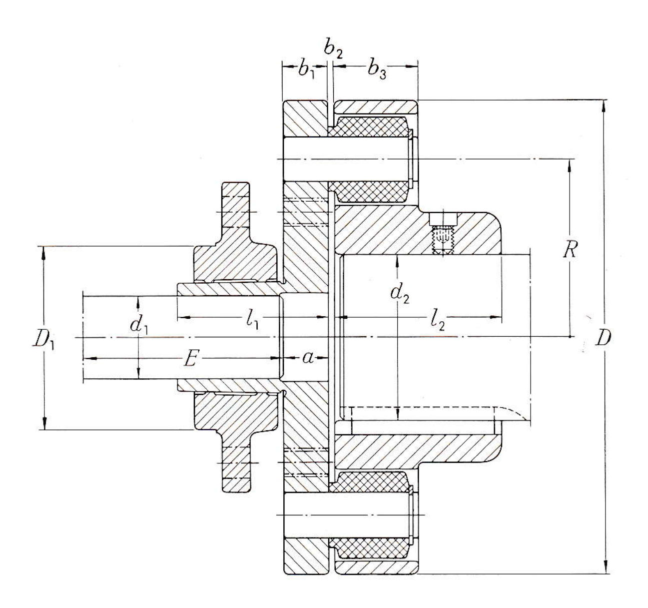
Una norma para acoplamientos con aros de tensión siempre debe basarse en las nuevas medidas internacionales normalizadas para motores eléctricos, aprobadas por la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) para diámetros de eje de hasta 85 mm. Se espera que los fabricantes de máquinas también se ajusten a estas normas tratándose de diámetros y longitudes de los muñones de ejes motrices.

Los acoplamientos con aros de tensión serán especialmente apropiados para acoplar una máquina y un motor eléctrico, y gracias a la longitud corta pero suficiente del cubo con ventajas pueden emplearse como acoplamientos móviles, por ejemplo ejecutados como acoplamientos de pernos, o para ejes de diámetro mayor de 30 mm, como acoplamientos con espigas insertadas a presión en la pestaña. Al desmontarse, se quita el cubo del eje y empuja la mitad de acoplamiento hasta que se sueltan las espigas, *fig. 7*.

De esta manera se puede evitar el asiento cilíndrico con chaveta, por lo menos en el muñón del eje de la máquina accionada. Lo ideal sería evitar enteramente uniones con chaveta y ejecutar ambas mitades del acoplamiento con aros de tensión pudiendo acortar considerablemente el eje de la otra unión. Sin embargo, mientras que se entreguen los motores eléctricos con ejes provistos de ranuras para chaveta y los motores de diferentes marcas con más o menos la misma potencia tengan diámetro de eje muy variado, para cierto diámetro de pestaña dado se debía tener varios tipos de acoplamientos con aros de tensión de diferentes diámetros de cubo lo que no es económico. Cuando las recomendaciones de IEC estén enteramente aceptadas, se puede esperar una normalización del diámetro de los muñones de eje. Siempre que desaparezcan las ranuras para chaveta habrá una posibilidad de emplear acoplamientos con aros de tensión, no solamente en el eje de la máquina sino que también en el del motor. La construcción de un acoplamiento semejante se ve en la *fig. 8*.

Los fabricantes de máquinas no varían sus diámetros de eje tan extensamente y por eso ha sido posible establecer una serie de mitades de acoplamientos con aros de tensión para diferentes diámetros combinadas con otras mitades de aco-

Fig. 9. Propuesta de dimensiones normalizadas para acoplamiento con aro de tensión solamente en una mitad



plamientos para fijación mediante chavetas sobre el eje del motor. La *fig. 9* representa una propuesta de normas de dimensiones que comprende acoplamientos con 16 diámetros de pestaña distintos destinados a diámetros de eje de 14—250 mm. Para diámetros de eje mayores de 30 mm, solamente puede quitarse fácilmente del eje una de las mitades del acoplamiento o sea la con el aro de tensión, pero esto generalmente es suficiente cuando se debe levantar una u'otra máquina para cambios o reparaciones. Si el diámetro del eje es menor de 32 mm, la longitud del muñón correspondiente según IEC es demasiado corta para poder hacer el desmontaje haciendo deslizar la mitad del acoplamiento sobre el eje. Para acoplamientos con diámetro interior menor de 32 mm, las espigas deben hacerse como pernos que pueden quitarse cuando sea necesario.

En la tabla de la fig. 9 se indican la capacidad máxima de transmitir momentos (N:n) para los diferentes acoplamientos y el momento de rozamiento con los diámetros de eje menor y mayor dentro de cada tamaño de acoplamiento.

Medidas en milímetros

No.	d_1		d_2		b_1	b_2	b_3	D	E mín.	a	l_1	l_2	R	Z	$\frac{N}{n}$	Momento de rozamiento entre eje y cubo en kgm para		δ	Tolerancia	
	mín.	máx.	mín.	máx.												d_1 mín.	d_1 máx.		eje	cubo
1	14	15	14	25	10	2	13	100	35	10	30	28	35	4	0,0035	21	24	0,05	j6	H7
2	16	20	16	40	12	2	13	130	45	13	42	38	43,5	6	0,0066	41	65	0,06	j6	H7
3	22	25	22	52	14	2	20	150	60	14	51	48	54	6	0,018	90	118	0,09	j6	G7
4	28	30	28	60	16	2	30	170	75	14	55	58	64	8	0,046	150	170	0,10	j6	G7
5	32	38	32	65	18	2	34	190	80	21	65	78	69	8	0,070	232	325	0,13	j6	G7
6	42	48	38	75	20	3	45	220	110	21	79	78	80	8	0,138	500	650	0,16	j6	G7
7	52	55	38	75	20	3	45	250	110	21	79	78	95	8	0,164	770	850	0,19	j6	G7
8	60	65	42	90	22	3	55	270	140	22	93	105	102,5	10	0,320	1260	1480	0,22	j6	G7
9	70	75	48	100	24	4	55	300	140	25	99	105	114	10	0,390	1800	2100	0,25	j6	G7
10	80	85	60	120	28	4	70	350	170	29	119	135	132,5	10	0,630	2820	3250	0,28	j6	G7
11	90	95	60	140	30	4	70	390	170	29	122	135	150	12	0,860	3600	4000	0,32	j6	G7
12	100	120	80	170	32	5	80	440	210	39	149	160	170	12	1,27	5600	8200	0,41	j6	G7
13	130	150	100	200	38	5	100	500	250	39	183	200	200	12	1,88	10 600	15 600	0,51	j6	F7
14	160	180	100	220	42	5	100	560	300	42	212	200	230	12	2,17	21 000	26 500	0,62	j6	F7
15	190	220	130	230	45	5	120	640	350	44	244	220	260	12	3,70	34 000	46 000	0,75	j6	F7
16	230	250	160	270	50	5	120	750	410	48	298	280	310	12	4,40	57 000	62 500	0,85	j6	F7

Z = número de espigas de acoplamiento

N = potencia transmitida en HP

n = r.p.m.

δ = aumento de D_1 al calar el aro de tensión

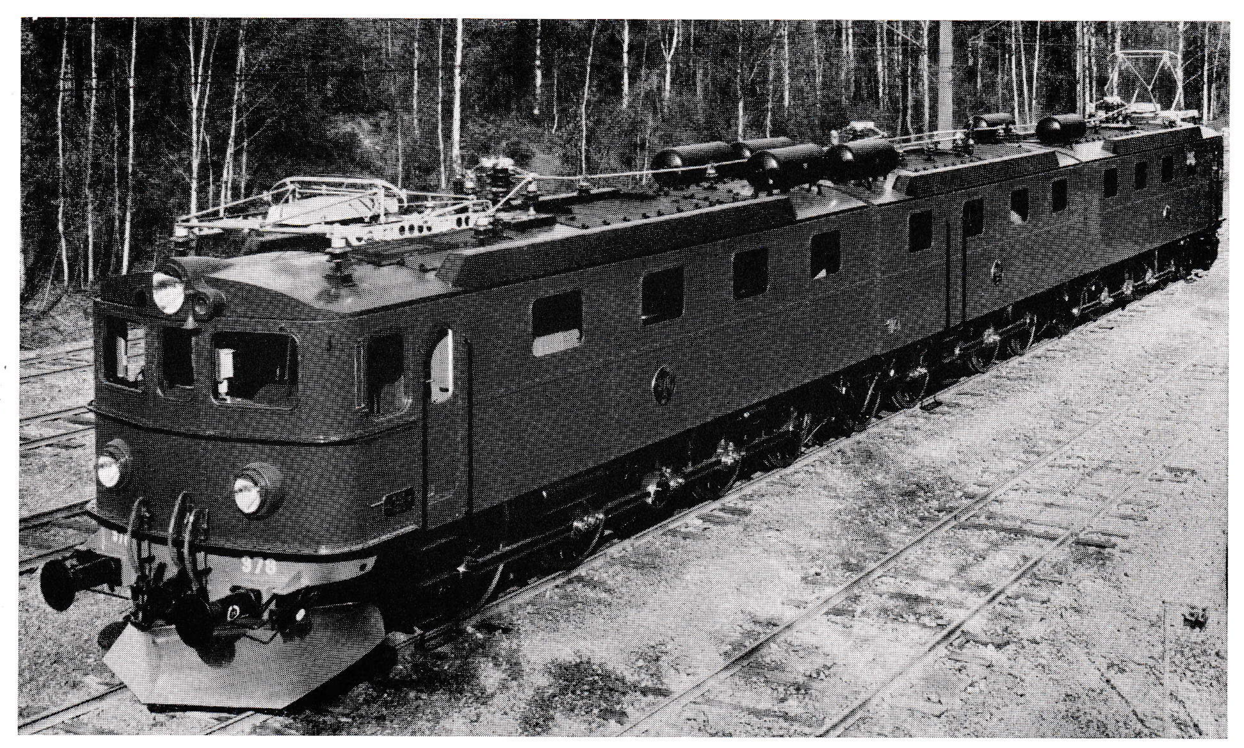


Fig. 1. Locomotora para tren de mineral del tipo Dm 3

Rodamientos en las locomotoras eléctricas más potentes del mundo

Reg. 832 32

En el recorrido de Kiruna-Narvik de la línea de transporte de mineral de hierro en el norte de Suecia donde existen pendientes muy marcadas, las locomotoras más potentes hasta ahora han sido las eléctricas con denominación Dm. Son del tipo 1D+D1' con biela de acoplamiento y consisten de dos unidades permanentemente acopladas. La potencia de la locomotora es de 5000 HP, su fuerza de tracción de 54 toneladas pudiendo arrastrar un tren con una carga de 2400 t de mineral. La locomotora pesa 180 t y el peso total del tren se eleva a 3200 t. La velocidad máxima de recorrido es de 75 km/h y el tiempo de recorrido desde Kiruna a Narvik es de 5 horas.

Actualmente se han construído y entregado locomotoras aún más potentes para esta línea que pueden considerarse como las mayores del mundo tanto respecto a su longitud como su fuerza de tracción. Igual que las anteriores, estas nuevas locomotoras tienen bielas de acoplamiento pero son de tres unidades acopladas permanentemente y con 12 ejes motrices. Su exterior se desprende de la *fig. 1*. Su denominación es de Dm 3 y son del tipo 1'-D+D+D1'. ASEA, Västerås, las ha entregado a los Ferrocarriles del Estado Sueco y también ha fabricado el equipo eléctrico, mientras que las piezas mecánicas son hechas por AB Svenska Järnvägsverkstäderna, AB Motala Verkstad y Nydqvist & Holm AB. Cada locomotora pesa 260 t y su longitud es de 35 m. La potencia nominal es 7500 HP, la fuerza de tracción 80 t y la velocidad máxima 75 km/h, pudiendo aumentarse la carga de mineral desde 2400 hasta 3900 t. El peso del tren incluyendo la locomotora es 5135 t. Basándose en que la longitud de cada vagón de mineral es de 6,2 m, la longitud total del tren resultaría 435 m. El tiempo de recorrido de Kiruna a Narvik se calcula en unas 4,5 horas.

A fin de poder utilizar la entera capacidad de las nuevas locomotoras, se debe parcialmente recons-

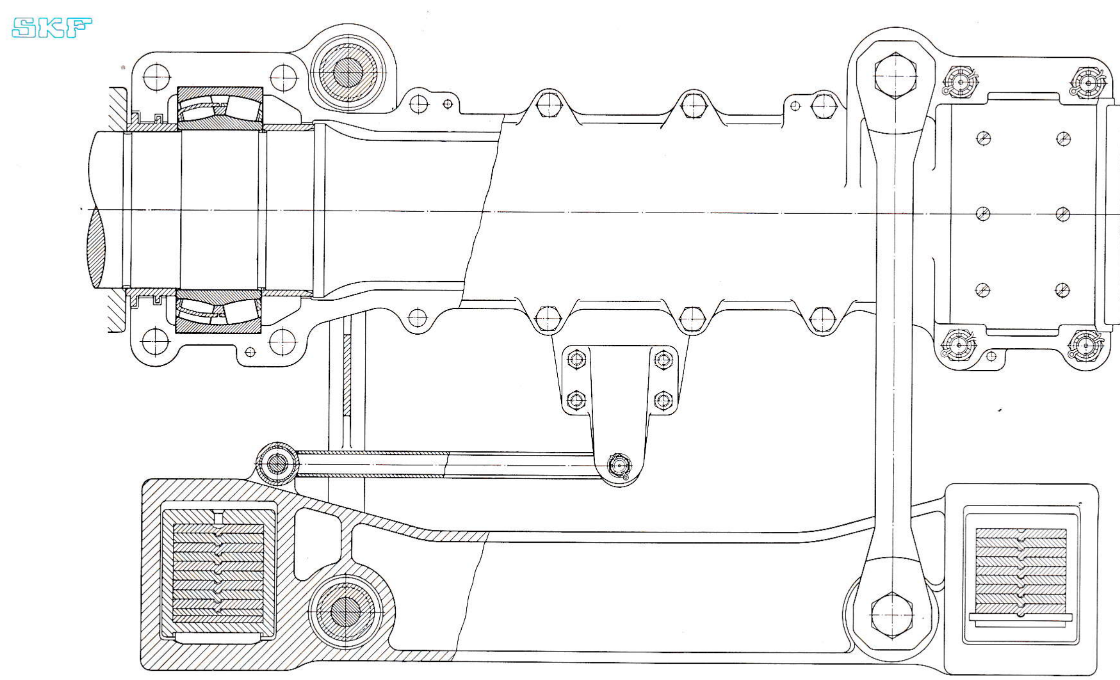


Fig. 2. Caja de grasa en los ejes de las ruedas próximas al disco del cigüeñal

truir el trecho de la línea de Kiruna a Narvik lo que actualmente se está haciendo. Además se están construyendo vagones de mineral de mayor capacidad de carga que los actualmente empleados.

SKF ha entregado rodamientos para todas las disposiciones de estas locomotoras, o sean cajas de grasa con rodamientos de rodillos en todos los ejes de las ruedas y rodamientos para bielas de acoplamiento y ejes ciegos.

Las cajas de grasa son de hierro tenaz y provistas de rodamientos de rodillos a rótula 24044 C/C3. Las cajas de grasa de las ruedas próximas

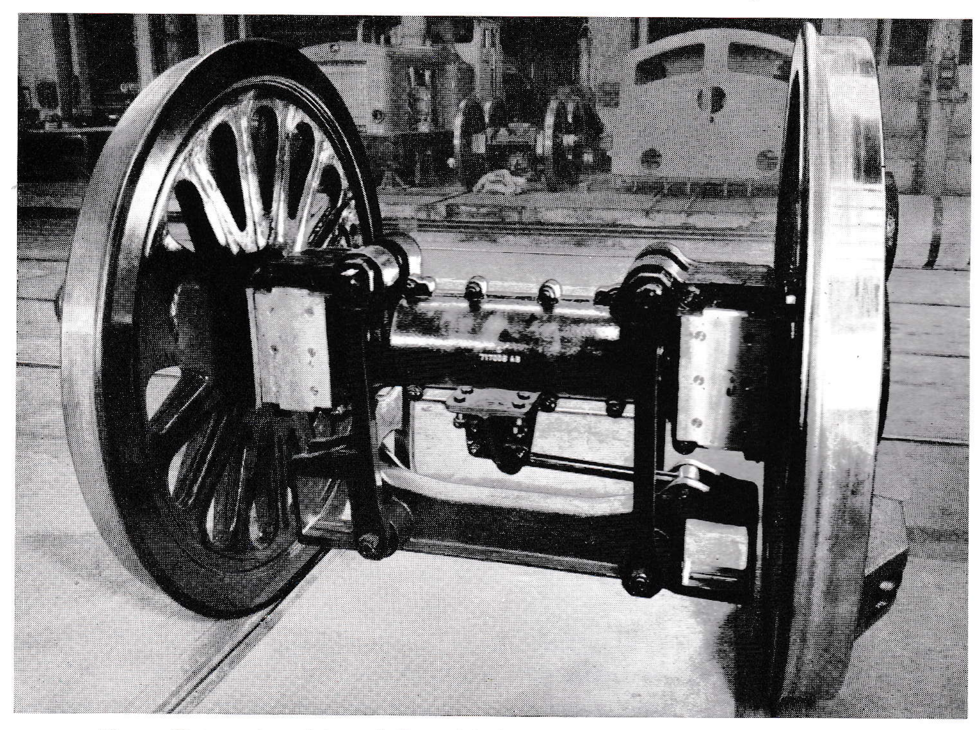


Fig. 3. Eje motriz próximo al disco del cigüeñal con caja de grasa según la fig. 2

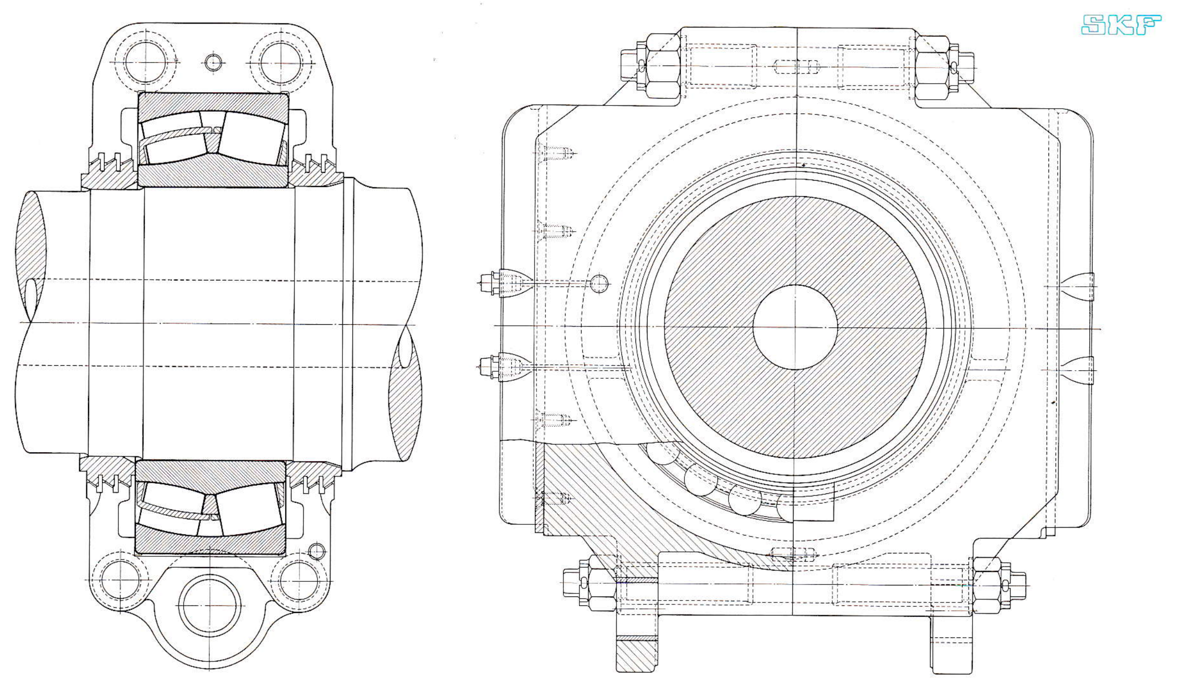


Fig. 4. Caja de grasa para los otros ejes motrices

a los discos del cigüeñal son dobles y pueden deslizarse ± 30 mm en el sentido transversal de la locomotora. Este deslizamiento en el bastidor de la locomotora es facilitado por una disposición especial de suspensión fijada a la caja de grasa, que consiste de horquillas articuladas y una viga en la cual se han colocado los muelles del vagón. Las *figs. 2* y *3* representan esta caja. Los otros ejes motrices están provistos de cajas de un rodamiento cuya construcción se desprende de las *figs. 4* y *5*. Los bogies portantes son de construcción bissel según la *fig. 6*. Su construcción permite un movimiento lateral del eje de la rueda de ± 60 mm y cada caja tiene dos rodamientos de rodillos a rótula con diámetro interior de 200 mm.

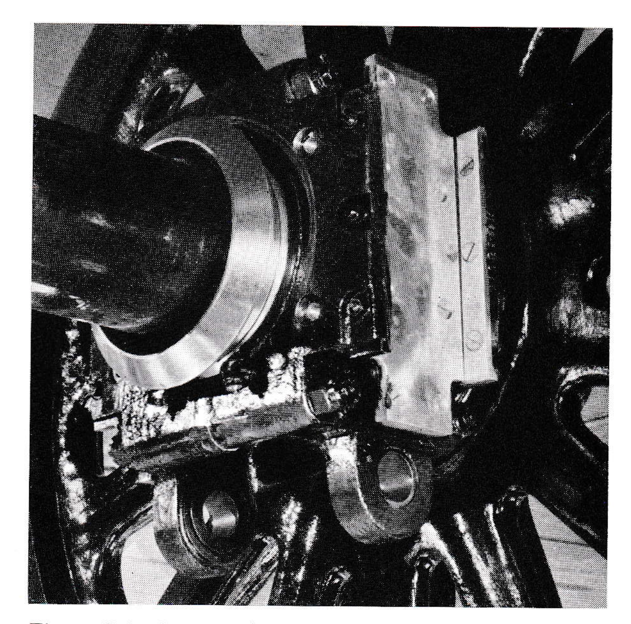


Fig. 5. Caja de grasa según la fig. 4 montada sobre el eje

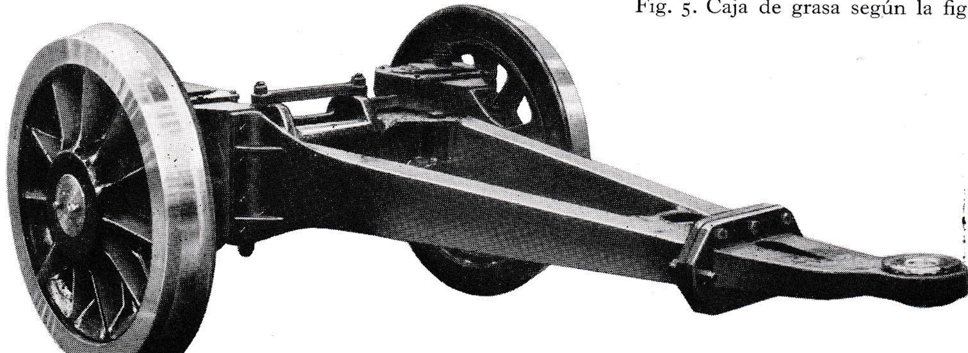


Fig. 6. Bogie portante

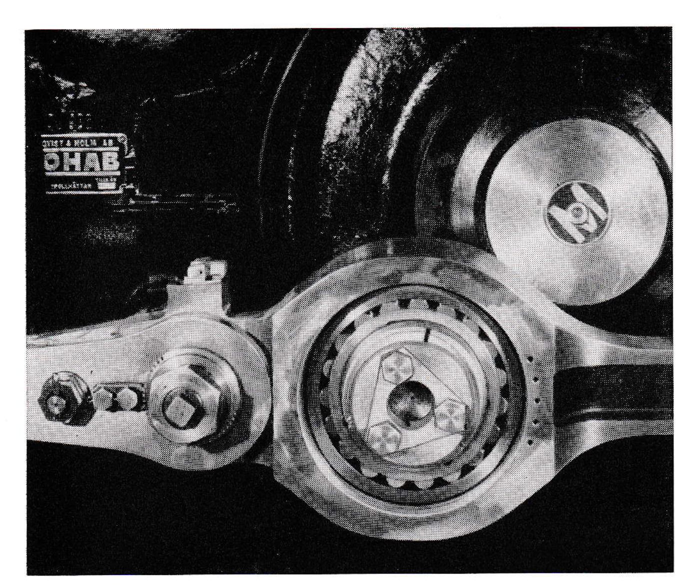
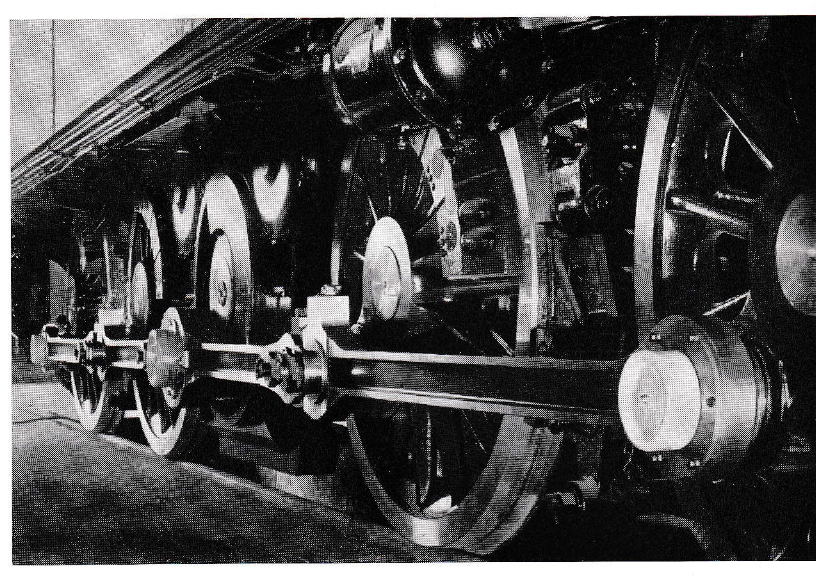
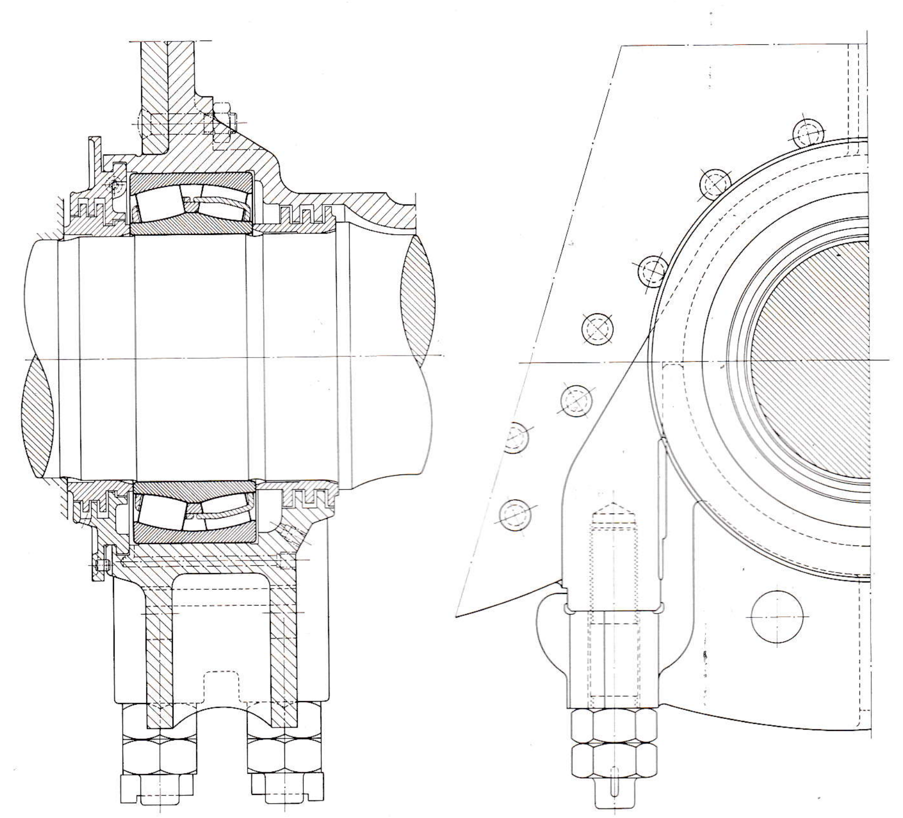



Fig. 7. Rodamiento en el perno motriz


Fig. 8. Las bielas de acoplamiento en un lado de la locomotora

El perno motriz de cada disco cigüeñal está montado en un rodamiento de rodillos a rótula 23236 CK/C3, véase la *fig. 7*.

Los rodamientos de las bielas de acoplamiento son de rodillos a rótula 23222 CK/C3 con excepción de las ruedas en el medio donde se emplean cojinetes ordinarios debido a la dificultad de aplicar obturaciones suficientemente eficaces para los rodamientos. La *fig. 8* representa las bielas de acoplamiento en un lado de la locomotora. Los ejes ciegos tienen cada uno dos rodamientos de rodillos a rótula 24056 C/C3, *fig. 9*.


Fig. 9. Caja de grasa para el eje ciego

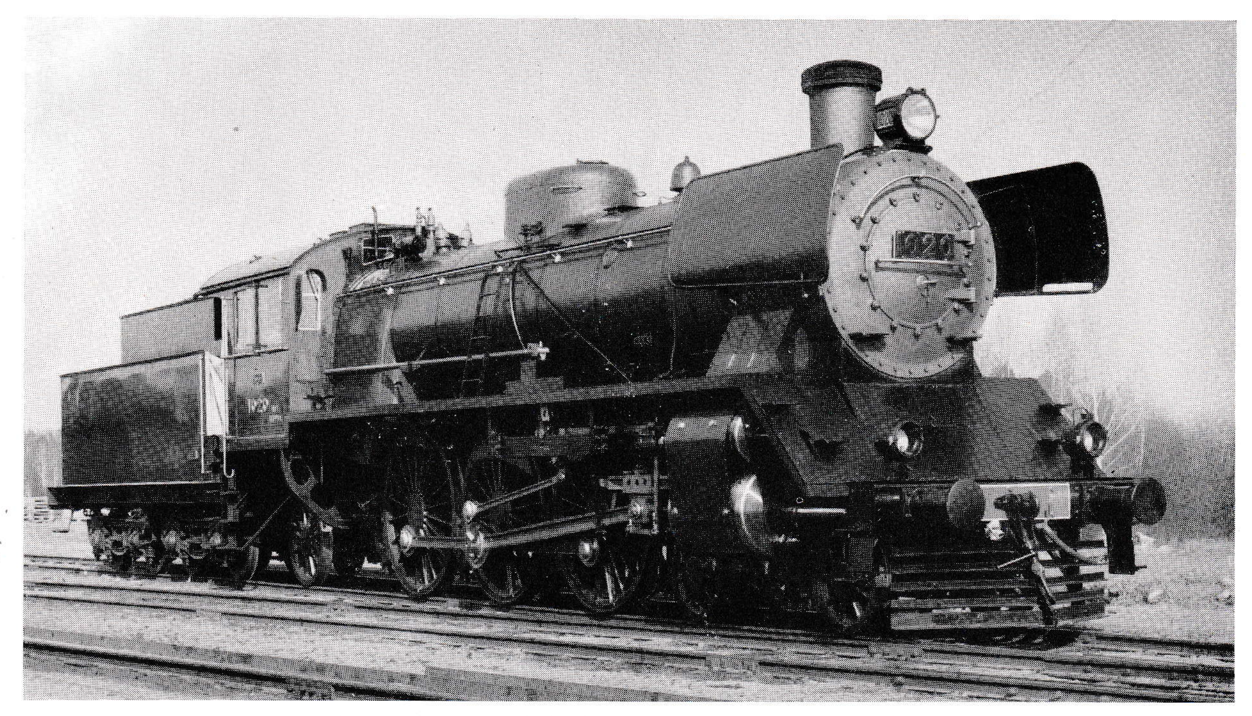


Fig. 1. Locomotora finlandesa con disposición de eje 2—C—1

Rodamientos en la cruceta de locomotoras a vapor

Reg. 832 313

Una disposición de rodamientos interesante en las locomotoras a vapor es el montaje de la biela en el perno de la cruceta. En vista de que toda la presión del pistón obra sobre este rodamiento debe soportar cargas muy fuertes. El movimiento del rodamiento no es giratorio sino que la biela oscila un cierto ángulo en relación al perno de la cruceta. En Finlandia se han montado rodamientos en pernos de la cruceta en dos tipos de locomotoras a vapor empleándose en ambos casos la misma disposición.

Estas locomotoras, construídas para trenes expresos y trenes de carga respectivamente, tienen las siguientes características:

	Tren expreso	Tren de carga
disposición de ejes	2—C—1	1—D—1
carga máxima del eje	17 t	17 t
peso adherente	51 t	68 t
diámetro de la rueda motriz	1900 mm	1600 mm
velocidad máxima	110 km/h	80 km/h
carrera	650 mm	700 mm
fuerza máxima del pistón	41 000 kg	43 000 kg

La disposición de rodamientos para la cruceta, que se ve en la *fig. 2,* comprende dos rodamientos de rodillos cilíndricos NJ 222 V/C4, es decir rodamientos sin portarrodillos y enteramente llenos de rodillos. Entre los aros exteriores de los rodamientos se han colocado arandelas de separación y también entre los aros interiores hay arandelas semejantes pero de un espesor 1 mm mayor lo que proporciona un juego axial adecuado a los rodamientos. Debido al espacio muy pequeño las obturaciones tienen que ser muy sencillas. El perno de la cruceta y el manguito cónico intermedio sobre el perno están provistos de agujeros y ranuras para facilitar el desmontaje con ayuda de aceite a presión. Al montarse se enfría el perno a unos — 70 °C. La *fig. 3* representa la disposición montada.

Hasta ahora se ha empleado esta disposición en seis locomotoras. Durante tres años cada locomotora ha recorrido más de 500 000 km habiendo todos los rodamientos funcionado satisfactoriamente.

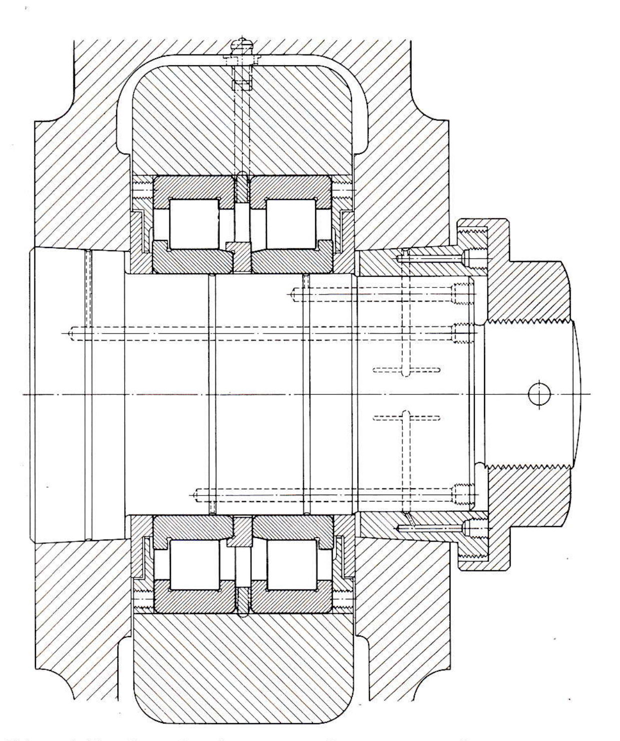


Fig. 2. Disposición de rodamientos para la cruceta en locomotoras a vapor

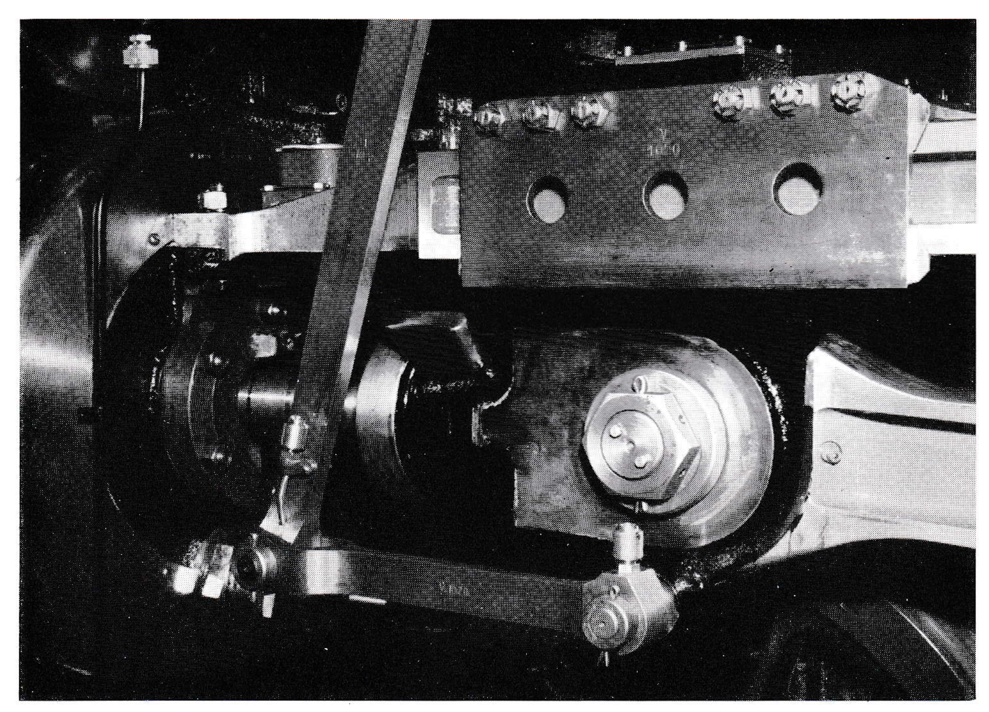
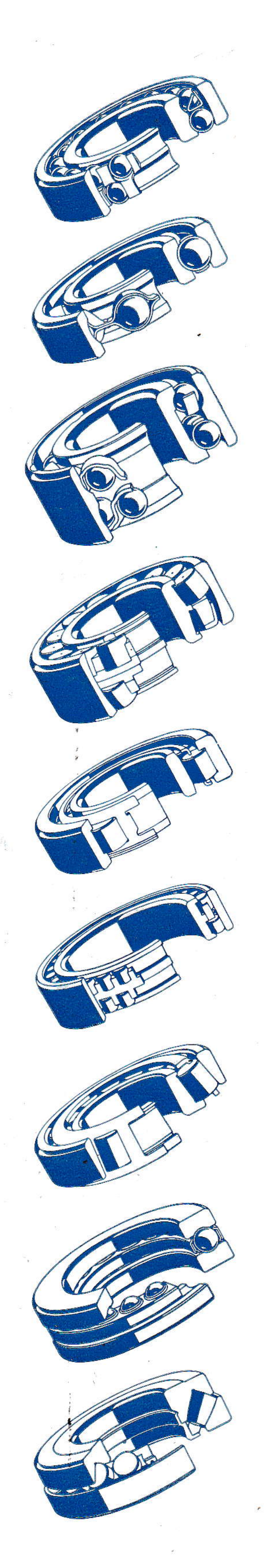


Fig. 3. La disposición según la fig. 2 ya montada



SKF

ha creado una organización de técnicos especializados en la resolución de problemas sobre rodamientos, la cual está a disposición de todos los interesados. 180 sucursales repartidas por el mundo entero se encargan de este servicio.

Reg. 077 701